



Universidad
Carlos III de Madrid

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

PROYECTO FIN DE CARRERA

DESARROLLO DEL CIRCUITO DE POTENCIA DE UN ROBOT F180 (ROBOCUP SMALL SOCCER LEAGE, SSL)

Autor: Alejandro Adamuz Gutiérrez.

Tutor: José María Armingol Moreno

Leganés, Octubre de 2010



A mi familia, por apoyarme siempre y en ocasiones ser el acicate que necesitaba, sin ellos no sería la persona que soy hoy en día.

A mis amigos, que me han enseñado mucho sobre la convivencia y la superación.

A mis compañeros, gracias por aguantarme, por el apoyo y el buen trabajo y por la amistad, sin la que estoy seguro este trabajo no sería lo que es.

Gracias a José María Armingol Moreno, por creer en nuestro proyecto, apoyarnos, guiarnos, preocuparse por nosotros incluso fuera de lo académico y hacernos sentir parte de algo más grande.

Agradecer a Arturo de la Escalera Hueso por ayudarnos con el mecenazgo del proyecto y porque su interés en el mismo nos hizo sentir el apoyo de la universidad.

Para Ángela y Fernando mis más sinceras gracias por estar siempre con una sonrisa y por mostrar un interés desmedido por ayudarnos.

Gracias en definitiva a todos los que allanaron el camino que ahora recorremos, espero algún día ser capaz de mirar atrás y saber que yo también he contribuido a ayudar a los demás viajeros.





ÍNDICE

ÍNDICE.....	4
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	5
1. INTRODUCCIÓN	9
1.1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....	9
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	11
2. COMPOSICION DE UN ROBOT F180	14
2.1. ADQUISICIÓN DE DATOS	15
2.1.1. Sistema de visión.	15
2.1.2. Sistema de control del árbitro.	16
2.2. SISTEMA DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL.....	16
2.3. ARQUITECTURA DE LOS ROBOTS:	16
3.2.1. Locomoción.	16
3.2.2. Estructura.	17
3.2.3. Alimentación.....	18
3.2.4. Procesamiento y comunicación.	18
3.2.5. Sistema de disparo.	19
3.2.6. Dribbler.....	21
3.2.7. Circuito de potencia.	22
3. CONVERTIDORES DC/DC	24
3.1 CONVERTIDOR TIPO “REDUCTOR/ELEVADOR O FLYBACK”	26
3.1.1. Convertidor reductor/elevador: Conducción ininterrumpida por la inductancia L.....	28
3.1.2. Convertidor reductor/elevador: Conducción interrumpida por la inductancia L.....	29
3.2. CONVERTIDOR ELEVADOR O TIPO “BOOST”	34
3.2.1. Convertidor elevador: Conducción ininterrumpida por la inductancia L.....	35
3.2.2. Convertidor elevador: Conducción interrumpida por la inductancia L.....	37
3.3. COMPARACIÓN DE LOS CIRCUITOS CONVERTIDORES BÁSICOS	40



4. CIRCUITO DE POTENCIA	44
4.1 POTENCIA.....	45
4.2 DISEÑO.....	45
4.3 CONTROL	48
4.3.1. UC3842.....	48
4.3.2. Comparador	50
4.4 PWM.....	52
4.5 PROTECCIONES.....	53
4.6 CONCLUSIONES Y MEJORAS	53
5. PRESUPUESTO	56
5.1 COSTE MATERIAL	56
5.1.1. Estructura	56
5.1.2. Sistema Locomotor	57
5.1.3. Dribbler	57
5.1.4. Sistema de Disparo	57
5.1.5. Sistema de Control.....	58
5.1.6. Cableado y Conexionado	58
5.1.7. Alimentación.....	58
5.2 COSTE PERSONAL	58
5.3 PRESUPUESTO FINAL	59
6. BIBLIOGRAFÍA	61
7. REGLAS DE JUEGO DE LA LIGA 2010 PARA LOS ROBOTS F180	64
7.1 LEY 1 – El terreno de juego.....	66
7.2 LEY 2 – El Balón	70
7.3 LEY 3 – El número de robots.....	70
7.4 LEY 4 – El equipo de robótica.....	71
7.5 LEY 5 – El árbitro	78
7.6 LEY 6 – El árbitro asistente	82
7.7 LEY 7 – La duración del partido.....	82
7.8 LEY 8 – Inicio y reanudación del juego.....	84
7.9 LEY 9 – El balón en juego y parado	86
7.10 LEY 10 – Método de tanteo	87



7.11 LEY 11 – Fuera de juego	88
7.12 LEY 12 – Faltas y conducta antideportiva	88
7.13 LEY 13 – Tiros libre	92
7.14 LEY 14 – El tiro de penalti	93
7.15 LEY 15 – El saque de banda	95
7.16 LEY 16 – El saque de puerta.....	95
7.17 LEY 17 – El saque de esquina.....	96
7.18 Apéndice A – Reglas de competencia.....	98
7.19 Apéndice B – Expertos en visión	100
8. ANEXOS.....	102
8.1 DATASHEET	103

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1.1. Logotipo de RoboCup	10
Figura 2.1. Arquitectura del sistema de adquisición de datos	15
Figura 2.2. Sistema de locomoción	17
Figura 2.3. Base Inferior y Soporte de Motores	17
Figura 2.4. Figura 3.5. Batería de 14,7V y 3300mAh	18
Figura 2.5 Módulo RCM5400W	19
Figura 2.6. Solenoide No Excitado	20
Figura 2.7. Solenoide Excitado	20
Figura 2.8 Dribbler	21
Figura 2.9 Circuito de potencia	22
Figura 3.1. Convertidor flyback	26
Figura 3.2. Diagramas de funcionamineto1	27
Figura 3.3. Diagramas de funcionamineto2	29
Figura 3.4. Grafica de salida 1.....	33
Figura 3.5. Convertidor Boost	34
Figura 3.6. Diagramas de funcionamineto3	34
Figura 3.6. Diferencia de ganancias	36
Figura 3.7. Diagramas de funcionamiento 4	37
Figura 3.8. Grafica de salida 2	40
Figura 4.1. Boost de 2 etapas	46
Figura 4.2. Carga del condensador	47
Figura 4.3. Control del UC3842	49
Figura 4.4. Graficas de carga UC3842	49
Figura 4.5. Control con comparador	50
Figura 4.6. Grafica de carga con comparador	51
Figura 4.7. Configuración y funcionamiento del 555	52
Figura 5.1. Dimensiones del campo de juego.....	66
Figura 5.2. Portería en detalle	68
Figura 5.3. Dimensiones máximas del robot	72
Figura 5.4. Área mínima superior del robot	73
Figura 5.5. Patrón estándar para RoboCup 2010.....	74
Figura 5.6. Asignaciones del color estándar para RoboCup 2010.....	75
Figura 5.7. Sistema de regateo.....	76
Figura 5.8. Cómo se debe coger la pelota.....	90



CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Este trabajo se enfoca a la creación de un robot F180 [9] de la Robocup Small Soccer League. Basándonos en estudios previos realizados por estudiantes de la Universidad Carlos III de Madrid, integrantes del Laboratorio de Sistemas Inteligentes (LSI) se procedió a la implementación de un prototipo totalmente autónomo y funcional, con la intención de que fuese el primero de los cinco robots necesarios para la futura participación de la Universidad en la Liga Small Size.

En la presente introducción se describe el problema que este proyecto pretende resolver, definiéndose el objetivo y acotando el alcance del trabajo, así como una breve descripción del resto de sistemas que intervienen en el correcto funcionamiento del robot [2][4].

En los últimos años la humanidad ha presenciado grandes avances en el campo de la robótica y la inteligencia artificial. En el año de 1997 sucedieron dos grandes hechos que pueden ser considerados como un punto de inflexión: en mayo, Deep Blue de IBM derrotó al campeón mundial de ajedrez y el 4 de julio la misión Pathfinder de la NASA hizo llegar exitosamente a Marte al Sojourner, un sistema robótico. Ese mismo año se llevó a cabo una competencia por demás singular: más de cuarenta equipos se reunieron para formar parte del primer campeonato mundial de fútbol robótico.

El origen de esta extraña competencia se encuentra en el documento “On Seeing Robots” publicado en 1992 por Alan Mackworth de la UBC Canadá, desde ese momento su equipo de investigación publicó trabajos relacionados con el tema de robots que juegan fútbol. De manera paralela, un grupo de investigadores japoneses organizó en octubre de 1992 un taller sobre los grandes retos de la inteligencia artificial. En él se discutió la posibilidad de utilizar el fútbol como plataforma de desarrollo para la ciencia y la tecnología.

En junio de 1993, tras una serie de estudios de viabilidad tecnológica y financiera, los japoneses Minoru Asada, Yasuo Kuniyoshi y Hiroaki Kitano decidieron lanzar una competencia robótica, llamada originalmente Robot J-League, en honor a la recién creada liga de fútbol profesional de Japón. Unos meses después, la comunidad científica mundial propuso que el proyecto recién creado tuviera alcance mundial. Así nació “The Robot World Cup Initiative”, mejor conocido como el proyecto RoboCup.

Por todo esto, se creó la Federación RoboCup como una organización internacional registrada en Suiza. La federación se encarga de dirigir el esfuerzo de la comunidad científica mundial para promover la ciencia y la tecnología a través de robots y agentes de software que juegan fútbol. La figura 1 muestra el logotipo de la Federación RoboCup.



Figura 1.1. Logotipo de RoboCup.

El proyecto tiene un objetivo ambicioso, se pretende que con la tecnología desarrollada en el año de 2050 un equipo de robots autónomos humanoides sea capaz de derrotar en un partido de fútbol a la selección humana campeona del mundo de ese tiempo. Para lograrlo se han creado varias líneas de investigación que promuevan el desarrollo tecnológico y de sistemas inteligentes y colaborativos.

La iniciativa RoboCup se divide en tres grandes áreas: “RoboCup Soccer”, “RoboCup Rescue” y “RoboCup Junior”.

En el presente documento se expone primeramente lo que es la competición de Robocup con su reglamentación para presentar el problema u objetivo que se persigue con el proyecto. A continuación se presentará una breve descripción de los distintos sistemas que componen cada equipo, y por último se hará especial hincapié en el diseño del sistema de locomoción de un micro robot de la competición de Robocup en la categoría de SSL F180.

Las competiciones de fútbol de robots tienen como finalidad la investigación y el desarrollo de un equipo de robots autónomos pero que buscan un fin común y enfrentándose a un entorno dinámico y en continuo cambio de tal forma que pueden llevar a cabo los objetivos cooperando entre ellos. Todas las soluciones ante las adversidades particulares que supone un campeonato de fútbol de robots, son soluciones válidas para cualquier otro contexto, como por ejemplo el rescate de una persona en una situación de peligro.

Actualmente existen diferentes campeonatos de fútbol de robots. Las diferentes ligas atienden a la morfología del robot y siguen diferentes conjuntos de reglas. Dentro de RoboCup Soccer existen cinco categorías de competencia, cada una con características muy particulares, y son:

- Liga de simulación, donde no existen robots físicos, sino que se trata de 11 agentes virtuales que se enfrentan en un terreno de juego virtual. Cada Agente envía información a un servidor de simulación y recibe datos sobre su posición y del ambiente.
- Liga de robots de tamaño pequeño (Small Size), también conocida como SSL por sus siglas en inglés aunque su nombre oficial es F180 (El nombre F180 proviene de los 180mm de altura máxima de los robots). Dos equipos de 5 robots cada uno, de un tamaño no mayor a un cilindro de 180 mm de diámetro y 150 mm de alto, juegan al fútbol en un campo de 6050x4050 mm con una pelota de golf de color naranja. Los robots son totalmente autónomos y un sistema central de visión obtiene la información del ambiente y de los robots, mientras un sistema de control envía instrucciones de manera inalámbrica a los robots.
- Liga de robots de tamaño medio, formado por 4 robots con sensores de abordo para obtener información del ambiente y un sistema de visión local.
- Liga de robots con cuatro patas, en el que cuatro robots cuadrúpedos (SONY AIBO) disputan el encuentro y que al igual que en la anterior poseen sensores de abordo y sistema de visión local y se comunican entre ellos.
- Liga de robots humanoides, es la única liga en donde los robots, en este caso con forma humana, se permite la intervención humana.

El presente documento se centrará en la liga de robots de tamaño pequeño (Small Size League). En esta competición participan hasta cinco robots pequeños por equipo con un tamaño máximo descrito en la normativa del juego. Los robots deben ser capaces de saber cuál es su posición dentro del terreno de juego, dónde se encuentra la pelota y cuál es su trayectoria y si está bajo el control de un robot del mismo equipo o del equipo contrario, de esquivar obstáculos móviles, los robots tanto de un equipo como de otro, interceptar la pelota en su trayectoria, realizar pases, disparos, ejecutar jugadas, etc. Se irá viendo la complejidad de cada uno de las acciones descritas anteriormente y las posibles soluciones a cada una de ellas.

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El Laboratorio de Sistemas Inteligentes de la UC3M [1] es un centro de investigación enfocado al desarrollo de tecnología en las áreas de inteligencia artificial, visión por computadora, comportamientos autónomos, comunicaciones inalámbricas, colaboración de agentes y robótica. En él, los alumnos de las Ingenierías de la UC3M participan en proyectos motivados por competiciones nacionales e internacionales tales como EUROBOT. En 2008 se decidió comenzar con el proyecto RoboCup en la liga de robots pequeños. Es la primera vez que realiza dicho proyecto en la historia de la UC3M, y el objetivo del presente proyecto será diseñar y construir la base para poder desarrollar un equipo de cinco robots de la liga F180 que cumplan con las reglas establecidas por la Federación RoboCup y puedan participar en competiciones oficiales.

El alcance de este proyecto se centra en el diseño y la construcción de los robots. El diseño de la solución abarca los módulos que forman parte del robot comenzando por la recepción de información, el procesamiento, su correcta ejecución en los dispositivos actuadores de los motores, disparo y dribbling.

Por tanto el presente proyecto se centra en dotar al futuro robot de [3]:

- Un sistema de procesamiento de datos y de comunicaciones, compuesto por una placa base que incorpora un microprocesador y un sistema WIFI.
- Un sistema de locomoción omnidireccional compuesto por ruedas omnidireccionales, motores, reductoras, encoders y drivers de potencia.
- Un sistema de alimentación compuesto por baterías que dota al robot de autonomía y le permite moverse libremente sin necesidad de estar conectado mediante cables a un sistema de alimentación externo.
- Una estructura sólida en la que poder fijar los componentes.
- La programación necesaria para el control de la velocidad, dirección de los motores, dribbling y disparo de la pelota.
- Un sistema de disparo óptimo para que el robot pueda pasar y disparar en el momento oportuno.
- Un circuito elevador para posibilitar un disparo potente.
- Un sistema de dribbling para que el robot pueda mantener la pelota mientras se desplaza en la dirección necesaria, pivota o regatea o esquiva a algún robot.





CAPÍTULO 2

2. COMPOSICIÓN DEL ROBOT F180

Este capítulo expone una breve descripción de la arquitectura del sistema para que el lector del presente documento pueda entender la funcionalidad de sus partes y por tanto los posteriores capítulos del proyecto [3][5].

Como se ha visto anteriormente en la reglamentación un equipo de fútbol consta como mucho de 5 robots y cada uno debe caber en cilindros de 180 mm de diámetro y 150mm de altura en caso de la implementación de visión global y 225 mm en caso de visión local. Para el caso de visión global se coloca una cámara sobre la barra situada sobre el campo a 4 m. de altura. En el transcurso del encuentro los robots utilizan comunicación inalámbrica mediante la cual el PC central que está fuera del campo, les envía información sobre su posición, la estrategia del juego, etc.

En general la arquitectura del sistema puede ser dividido en tres partes bien diferenciadas:

2.1. ADQUISICIÓN DE DATOS:

El robot F180 recibe datos de 2 fuentes diferentes:

El sistema de visión implementado para posibilitar el posterior control de los robots mediante el sistema de inteligencia artificial.

El sistema de control del árbitro: que proporcionará diferentes señales para regular el juego.

A continuación se muestra el esquema de los subsistemas enumerados anteriormente. Desarrollo de una plataforma hardware para la Robocup Small Soccer League (SSL).

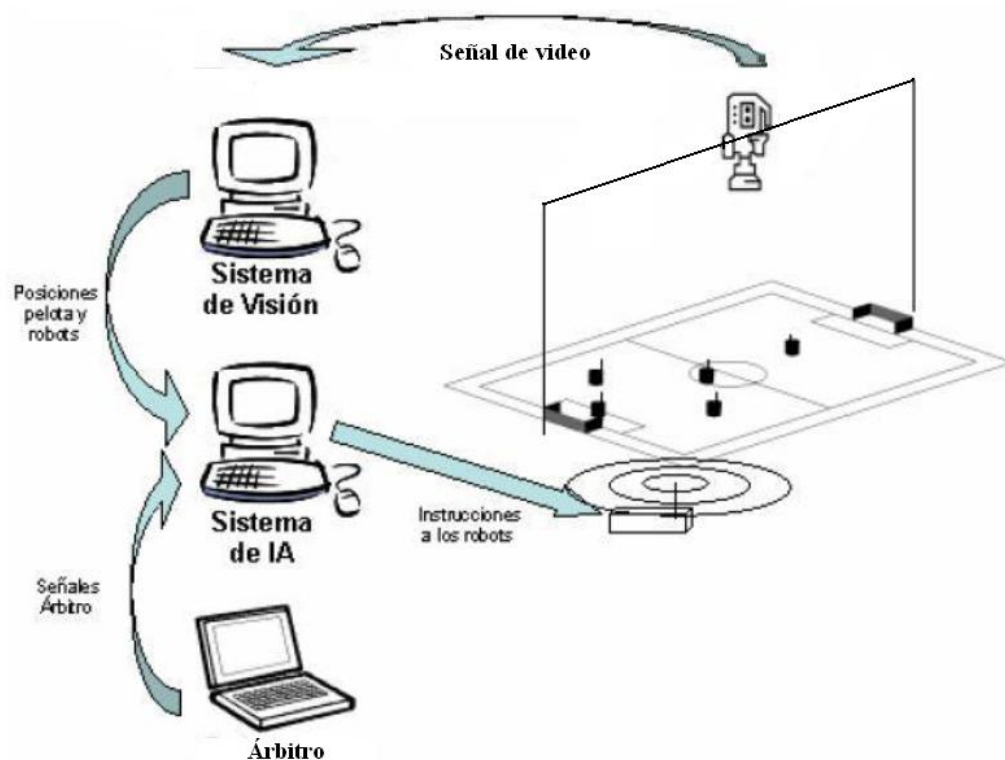


Figura 2.1. Arquitectura del sistema de adquisición de datos.

2.1.1. SISTEMA DE VISIÓN

El objetivo del Sistema de Visión es calcular la posición y orientación de los robots en el ambiente. Recibe información por medio de una o varias cámaras de video, procesa las imágenes para identificar a los objetos de interés y envía sus resultados al Sistema de Inteligencia Artificial.

2.1.2. SISTEMA DE CONTROL DEL ÁRBITRO

La persona del árbitro se encarga de vigilar que el partido transcurra según la reglamentación establecida usando un silbato y su voz. El asistente, según esas indicaciones opera sobre un sistema para controlar el estado del juego enviando las correspondientes señales a los Sistemas de Inteligencia Artificial de los equipos.

2.2. SISTEMA DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

El Sistema de Inteligencia Artificial recibe la posición y orientación de los robots del equipo y la posición de la pelota y los robots contrarios. Además el árbitro del partido utiliza un Sistema de Control para informar al Sistema de Inteligencia Artificial del estado del partido y enviar eventos que afectan el desarrollo del encuentro. La función principal del Sistema Inteligencia Artificial consiste en tomar decisiones estratégicas que afectan el comportamiento de los robots en el encuentro, así como responder a los comandos que el Control del Árbitro le envía. El Sistema de Inteligencia Artificial envía instrucciones a los robots por medio de un módulo de comunicación inalámbrica.

2.3. ARQUITECTURA DEL MICROROBOT F180

En esta sección se elabora un análisis de los sistemas que componen a un robot F180. El análisis parte de la funcionalidad básica requerida y sirve como punto de partida para el diseño y la implementación de un equipo de robots F180.

2.3.1. Locomoción

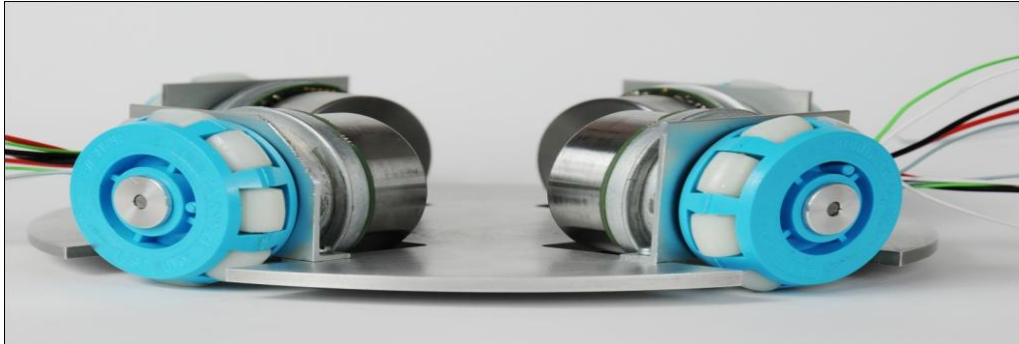
El sistema de tracción y el locomotor son los encargados de hacer que el robot sea capaz de desplazarse por el campo de juego.

Desde el punto de vista de la tracción la robótica puede clasificarse en dos grandes grupos: los basados en movimiento por actuadores o piernas y los basados en movimiento por rodadura.

En nuestro caso se ha optó por el movimiento basado en rodadura ya que es el más sencillo. Entre todas las posibilidades que incluyen este tipo de tracción, se optó por un control omnidireccional por resultar el más conveniente para efectividad del robot en el terreno de juego.

El control omnidireccional se lleva a cabo mediante cuatro motores EC45 Flat Brushless 30W con electrónica integrada, ya que ofrecían el par requerido en los requisitos propuestos. A pesar de que la velocidad máxima excedía la requerida, no se ha visto en esto inconveniente alguno puesto que, el control de la velocidad del robot se lleva a cabo mediante un control PWM, consiguiendo asignar la velocidad deseada en cada momento. Debido a esto, se desechó la posibilidad de aplicar una reductora, que

Para las ruedas se buscaron modelos comerciales, optándose por utilizar unas ruedas omnidireccionales, modelo 2051 de Kornylak.



2.3.2. Estructura

[illegible]

Alejandro Adamuz Gutiérrez.
Ingeniería Técnica Industrial: Electrónica Industrial

2.3.3. Alimentación

Para la alimentación del robot F180 se optó por utilizar una batería modular. Entre los diferentes tipos que nos ofrece el mercado, se eligió una batería de tipo LiPO que nos proporciona de una tensión nominal de 14,7V y con un límite en corriente muy alto, especialmente pensado para poner a los motores en su máxima potencia durante todo el partido.



Figura 2.4 Batería de 14,7V y 3300mAh.

2.3.4. Procesamiento y comunicación del robot

La comunicación del robot F180 está hecha para la ejecución de órdenes de movimiento, actuación de dribbler y solenoide del motor, y la lectura de datos necesarios para la futura retroalimentación. El presente robot aprovecha el hecho de que el módulo RCM5400W está dotado de un módulo Wi-Fi que proporciona la comunicación inalámbrica necesaria para el fin, competir de manera autónoma en partidos de liga.

Para lograr una comunicación inalámbrica entre los robots y la IA se requiere de alguna tecnología que lo permita. Independientemente de la tecnología de comunicación, es importante señalar que es necesario establecer un flujo de comunicación para que la información circule entre la IA y los robots de manera bidireccional.

En nuestro caso, y debido a las opciones de modulo del robot, se ha creado la comunicación con Sockets. Básicamente, un Socket es una estructura de comunicación por el cual dos maquinas pueden intercambiar información de manera bidireccional. Esta estructura está definida por una dirección IP, un protocolo de transporte y un número de puerto definidas previamente tanto en un servidor como en el cliente (ordenador y módulo RCM5400W). En la comunicación, también es muy importante saber el tipo y la cantidad de información que se va a manejar.

Una ligera descripción de esta información, se detalla a continuación. Hay que tener en cuenta que el módulo de control mueve los motores, indicándoles el sentido en el que

girar y controlar los sistemas de dribbler (control de bola) y solenoide (pateo de bola). Entonces la cantidad de información que la IA debe manejar para cada robot se puede agrupar en dos bloques: control, que hace referencia a todos los sistemas que funcionan a nivel alto o bajo, y velocidad, donde es necesario un paquete de datos.

-Bloque de control: En esta sección se ubica la información relativa al estado de los dispositivos de control y pateo de la pelota, así como la dirección (el sentido) a la que los motores deben moverse. El estado de cada dispositivo puede ser encendido o apagado y la dirección de un motor puede ser hacia delante o hacia atrás y por lo tanto, el estado de cada dispositivo y la dirección de cada motor se pueden representar con un bit por dispositivo.

-Bloque de velocidades: En este bloque se especifica la velocidad de cada uno de los motores. Las ondas PWM con las que se controla la velocidad obtenibles del módulo RCM5400W, son ondas de 10 bits, por lo que a la hora de programar esta velocidad en la IA del módulo, tendremos que hablar de velocidades entre 1 y 1024 (10 bits en programación son $2^{10} = 1024$).



Figura 2.5 Módulo RCM5400W.

2.3.5. Sistema de disparo

Para que un equipo gane un partido de fútbol es necesario que haya goles, incluso en un partido de RoboCup. Los robots F180 necesitan de algún mecanismo que les permita impulsar la pelota lejos de sí mismos para poder mandar pases y tirar a gol.

La dificultad del problema del golpeo de la pelota radica en encontrar un dispositivo lo suficientemente pequeño para que quepa en el robot F180 y lo suficientemente poderoso para que la pelota salga impulsada con fuerza. Múltiples propuestas surgieron para resolver el problema utilizando mecanismos con resortes, sistemas de aire comprimido, etc. A lo largo de la historia de las competencias del RoboCup se ha generalizado el uso de un solenoide con un núcleo metálico.

En un solenoide, cuando la corriente está fluyendo en la bobina, las líneas de fuerza salen del solenoide por uno de sus extremos, el polo norte, y entran por el extremo opuesto, el polo sur, esas líneas de fuerza se aprovechan para que el núcleo metálico sea impulsado con fuerza para que el robot pueda lanzar la pelota. En la figura 3.7.a se puede ver este sistema antes de hacer pasar la corriente por la bobina y en la 3.7.b en el momento del disparo.

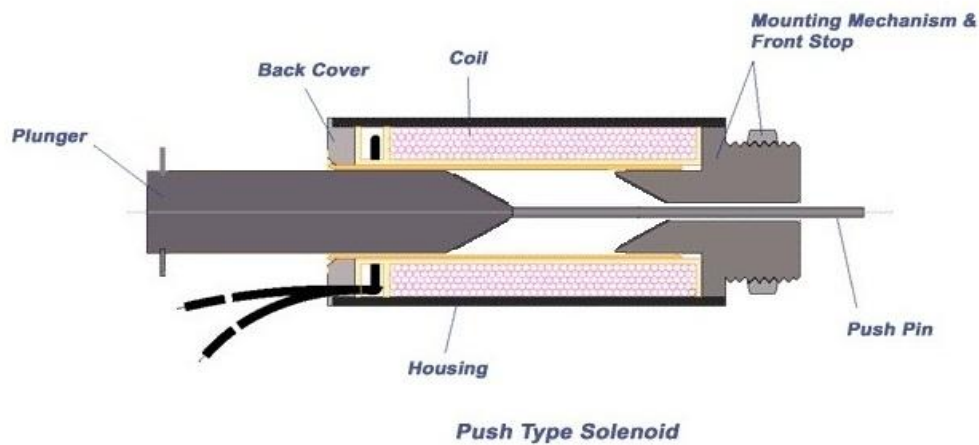


Figura 2.6 Solenoide No Excitado

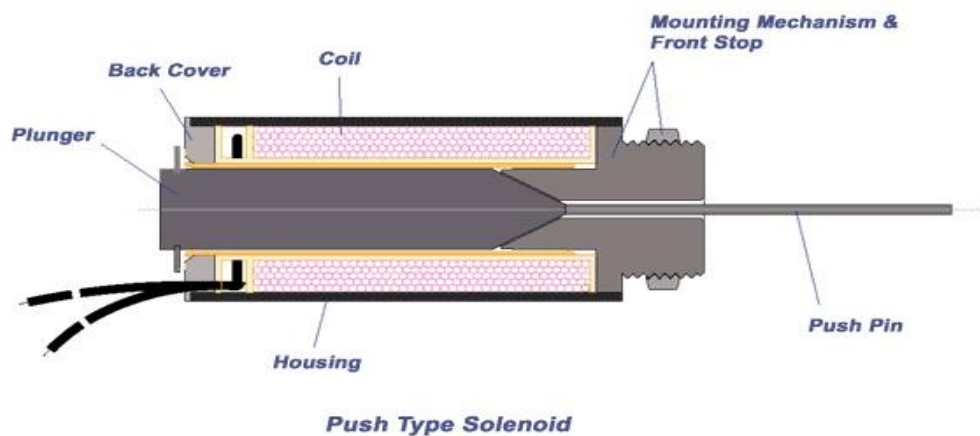


Figura 2.7 Solenoide Excitado

El uso de un solenoide requiere una gran cantidad de corriente eléctrica y la única fuente de corriente en el robot son sus baterías, para utilizar un solenoide se necesita de un circuito que almacene carga y se disponga de ella cuando sea necesario patear la pelota, para poder almacenar carga de manera temporal se puede hacer uso de un capacitor.

2.3.6. Dribbler

Como cualquier jugador de fútbol, el robot debe hacer desplazamientos manteniendo la pelota en su poder. Para que esto sea posible se utiliza un motor unido mediante engranajes a un rodillo de algún material antideslizante. Éste en contacto con la pelota hace que gire sobre sí misma y se mantenga “controlada” por el robot.

Este tipo de solución es la más popular en la liga F180 y se conoce como “dribbler”. En la actualidad, la mayoría de los equipos utiliza un dispositivo de ese tipo en los robots para poder controlar la pelota. La figura siguiente muestra un prototipo general de este sistema para controlar la pelota.

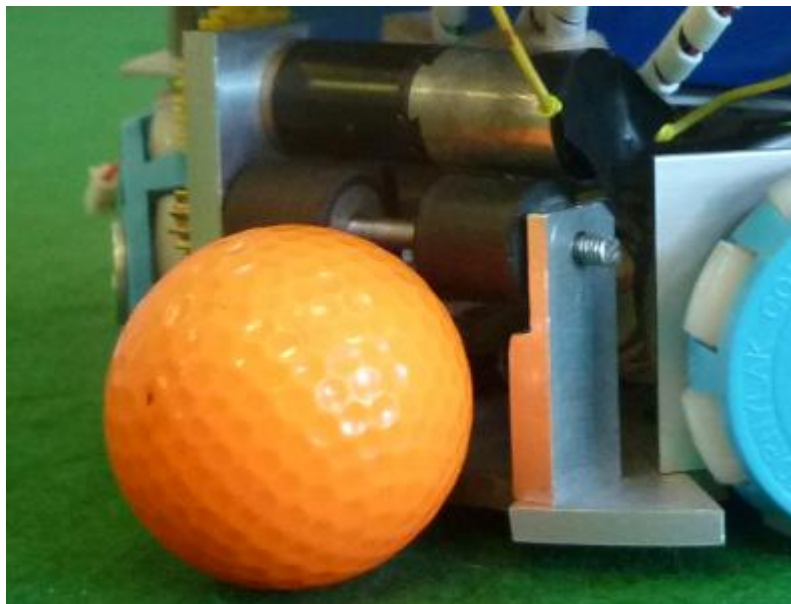


Figura 2.8 Dribbler.

2.3.7. Circuito de potencia

La alimentación de la mayoría de los componentes de robot puede llevarse a cabo mediante la conexión directa con la batería o mediante divisores de tensión.

La excitación del solenoide requiere de una alta tensión en una batería de condensadores, de alrededor de unos 200 voltios, y para conseguirla se hará uso de un circuito elevador.

El circuito elegido para este propósito es un elevador de tipo Boost [15] con dos etapas, en la primera etapa se eleva la tensión a 63 voltios y en la segunda conseguimos los 200 voltios requeridos para un disparo óptimo.

Dado a que el objetivo del elevador es almacenar carga en el capacitor y no proporcionar una corriente constante a otro circuito se necesita de un sistema de control que permita interrumpir y reanudar el funcionamiento del elevador según el nivel de carga en el capacitor.

Conseguimos esto mediante un comparador que mide la diferencia entre un nivel de tensión prefijado en un divisor de tensión y un nivel proporcional al existente en el capacitor conseguido también mediante otro divisor de corriente. Dependiendo de la diferencia de niveles entre las tensiones este comparador permitirá o no que pase corriente al elevador través la activación de un interruptor implementado mediante un transistor permitiendo la alimentación del circuito elevador tipo Boost.

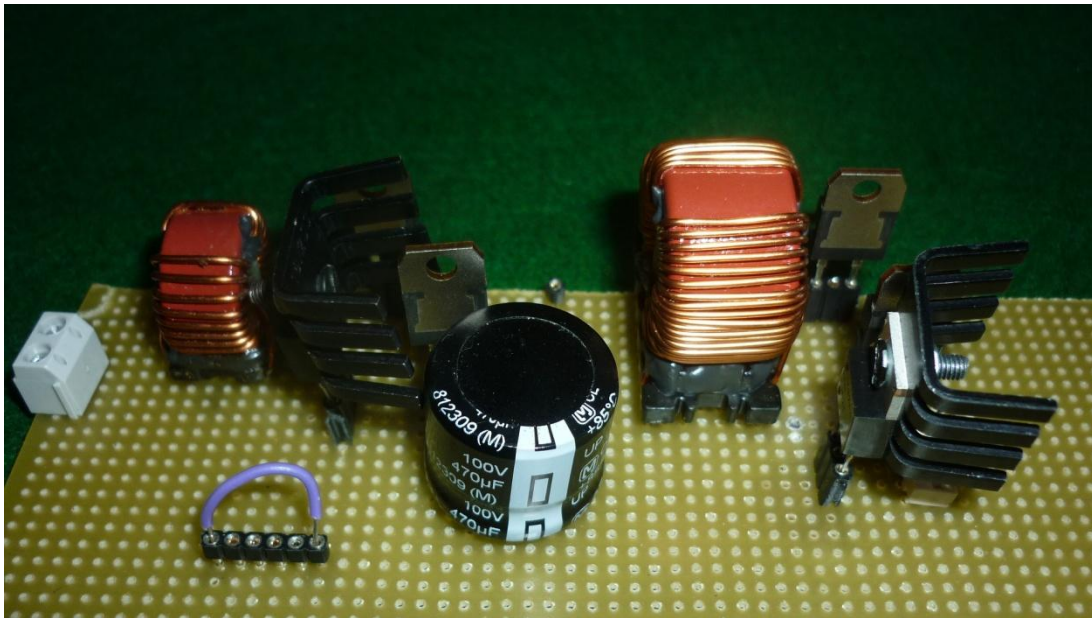


Figura 2.9 Circuito de potencia.





CAPÍTULO 3

3. CIRCUITOS ELEVADORES DC/DC

En este capítulo se van a analizar y explicar los dos tipos de circuitos convertidores que se plantearon como solución a la carga de los condensadores del circuito de disparo del solenoide [15].

En el estudio de estos convertidores, se adoptan los siguientes criterios:

a) En todos los casos se considera que el elemento de conmutación opera como un interruptor ideal a una frecuencia f , pasando de un estado de conducción ($R_{on} = 0$) a un estado de corte ($R_{off} = \text{infinito}$). Igualmente se consideran despreciables las caídas de las uniones del dispositivo de conmutación y de los diodos directamente polarizados.

b) Dada la alternancia entre conducción y corte del dispositivo de conmutación, durante un período $T=1/f$, existe en consecuencia un tiempo de conducción t_c y un tiempo de no conducción $T - t_c$. Se define como ciclo de trabajo δ a la relación entre tiempo de conducción t_c y el período T :

$$\delta = t_c/T$$

c) Se considera además que las inductancias no alcanzan nunca la condición de saturación, y que su resistencia es despreciable. En consecuencia, al encontrarse sometidas a tensiones continuas, su corriente crece o decrece linealmente. Ambas consideraciones se cumplen en implementaciones reales, donde las inductancias son diseñadas para que no saturen y la corriente es lineal dentro de márgenes de error despreciables.

d) Si bien la corriente en la inductancia presenta siempre una pendiente constante dada por V/L , el umbral a partir de la cual crece o decrece es una función de la carga del circuito. A mayor carga, ésta demanda más corriente, por lo que el umbral aumenta, de modo tal que la energía tomada de la entrada sea la necesaria para esta nueva condición de carga. Por el contrario, si la carga disminuye, menor energía es requerida de la entrada y el umbral de la corriente por la inductancia se reduce para acomodarse a esta nueva condición de operación con menor consumo. Para la operación indicada, las corrientes en las inductancias son trapezoidales con un umbral inicial variable en función de la carga.

e) Por lo anteriormente expresado, si la resistencia de carga toma un valor lo suficientemente grande, el umbral de la corriente en la inductancia se reduce hasta hacerse cero, límite a partir del cual la corriente en la inductancia se hace discontinua. Las expresiones que determinan el funcionamiento de las tres configuraciones básicas del circuito convertidor varían según éste opere en modo de conducción ininterrumpida o de conducción discontinua por la inductancia. Se consideran ambas condiciones de operación en el estudio de cada convertidor.

f) Las inductancias, almacenan energía en su campo magnético cuando se encuentren conectadas a la red de alimentación, para por el contrario, devolverla a la carga en el período que se encuentren desconectadas de la misma. En régimen de operación permanente, la energía almacenada en el período de conducción debe ser igual a la entregada en el de no-conducción.

g) En cuanto a las pérdidas presentes en los circuitos convertidores, éstas son debidas a los siguientes factores:

- Pérdidas en el elemento activo de conmutación cuando se encuentra en conducción.
- Pérdidas por conmutación en este dispositivo debido al pasaje del estado de conducción al de corte y viceversa.

- Pérdidas en los diodos cuando se encuentran en conducción.
- Pérdidas en la resistencia equivalente serie de los elementos inductivos y capacitivos.
- Pérdidas en los circuitos magnéticos

En general, consideraremos despreciables estas pérdidas en los cálculos de los circuitos convertidores. Esta aproximación permite obtener expresiones sencillas que en la gran mayoría de los casos prácticos coinciden con los valores reales dentro de márgenes de error muy pequeños.

h) Finalmente, dada la alta frecuencia de operación, junto con los elevados valores de capacidad del filtro de salida, el ripple resultante es muy pequeño, pudiéndose considerar para la mayoría de los cálculos que la tensión V_o de salida es constante. Se analizan a continuación la operación de cada uno de los distintos tipos de convertidores mencionados.

3.1. Convertidor tipo “reductor/elevador o flyback”

El esquema circuital de este convertidor y sus formas de onda asociadas para conducción ininterrumpida por la inductancia L se presentan en las Figuras 3.1 y 3.2.

En régimen permanente, durante el período de conducción $tc = \delta T$ del elemento de conmutación, la tensión de entrada V_i es aplicada sobre la inductancia L . El diodo D queda inversamente polarizado y la salida $-V_o$ se mantiene constante debido al condensador C .

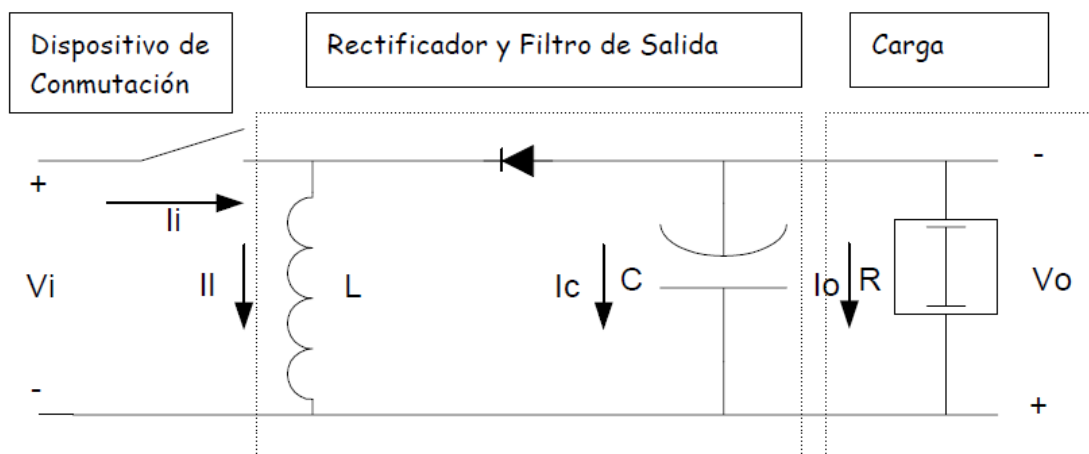


Figura 3.1 Convertidor flyback.

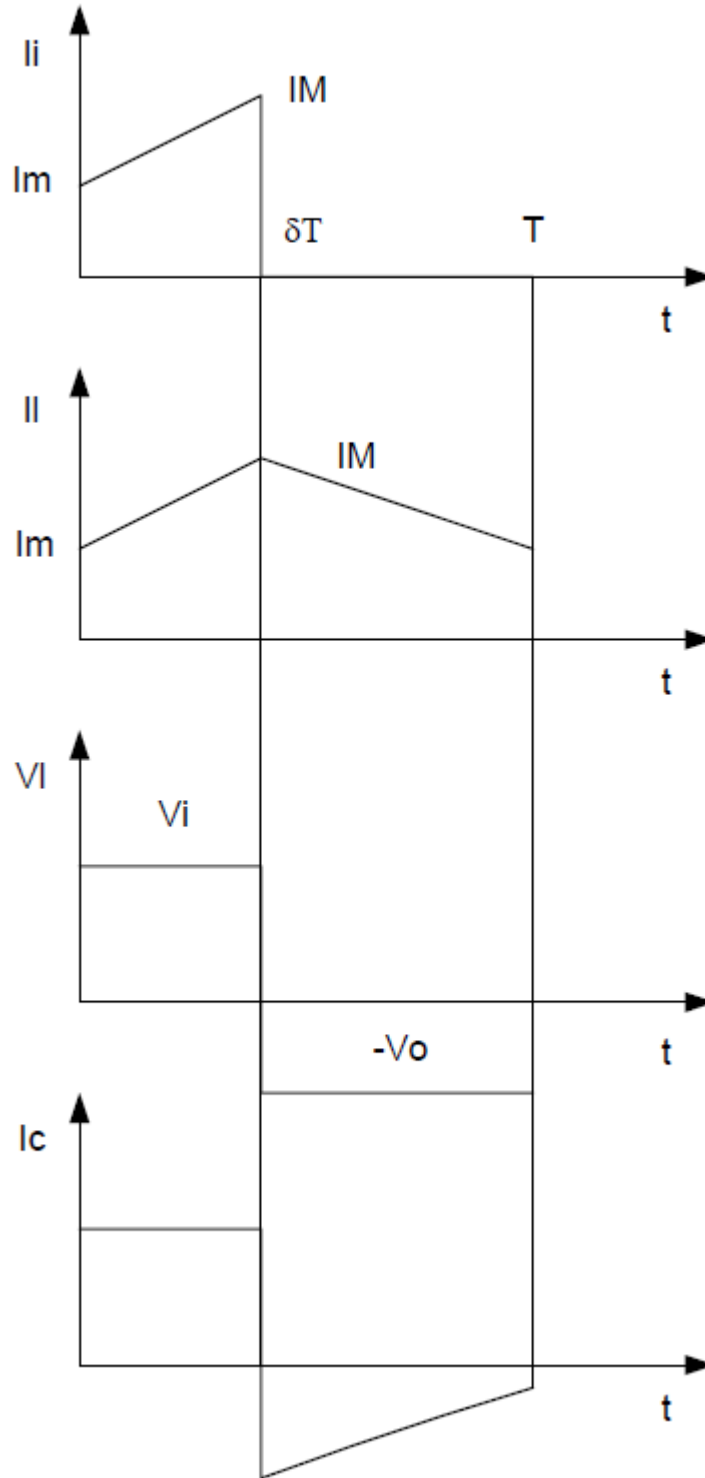


Figura 3.2 Diagramas de funcionamiento1.

La corriente en la inductancia crece linealmente con una pendiente V_i / L , a partir de un umbral fijado por la resistencia de carga R . La corriente de entrada I_i coincide durante el período de conducción con la corriente I_l en la inductancia. Dado los elevados valores de C y f , se puede considerar despreciable la descarga de C en el período $tc = \delta T$. V_o es constante con ripple despreciable y las corrientes $I_o = -I_c$ son también constantes e iguales a V_o / R .

En lo expresado no se ha considerado la existencia de la resistencia equivalente serie presente en todo condensador real. La circulación de la corriente de ripple por esta resistencia, denominada ESR (de la expresión inglesa Equivalent Series Resistor), es la que normalmente fija el valor de la tensión de ripple en la implementación de circuitos convertidores. En el convertidor flyback, el capacitor de salida debe proveer toda la corriente a la carga en el período de conducción δT . Por lo tanto la corriente de ripple es importante, fijando un mayor nivel de exigencia en el valor permitido de la ESR del capacitor de salida

En el período de no conducción $T-t_c$, la tensión de entrada V_i se desconecta del resto del circuito y la corriente I_i cae a cero. Como debe mantenerse el flujo establecido en la inductancia, su tensión se invierte y la corriente I_l se establece a través de la carga y el condensador de filtro a través del diodo D, devolviendo la energía acumulada durante el período δT . La conducción del diodo D fija en la inductancia la tensión $-V_o$ del capacitor. En consecuencia la I_l decrece en forma lineal con una pendiente $-V_o/L$ durante el tiempo $T-t_c$. La corriente I_c en este período, por ser $I_c=-(I_l+I_o)$, varía con pendiente positiva, manteniendo I_o constante y con un valor medio nulo de I_c en el período T .

Es claramente visible que la transferencia de energía desde la entrada a la salida no se realiza en forma instantánea, sino que la misma se almacena en la bobina, para que luego ser entregada a la carga.

A continuación se desarrollan las expresiones correspondientes a la condición de corriente ininterrumpida dibujadas en las gráficas de la Figura 3.2.

3.1.1. Convertidor reductor/elevador: Conducción ininterrumpida por la inductancia L

Como la energía almacenada por una inductancia en el período de conducción es igual a la devuelta durante el período de no-conducción, el valor medio de su tensión debe ser nulo.

$$V_i \delta T = V_o (1 - \delta) T$$

De donde se extrae la siguiente relación entre las tensiones de entrada y salida del convertidor flyback para operación ininterrumpida:

$$V_o = V_i \delta / (1 - \delta)$$

De la expresión anterior puede concluirse que para conducción ininterrumpida en la inductancia:

- La tensión de salida es independiente de la carga
- La tensión de salida puede ser fácilmente modificada mediante la variación de δ .

La relación entre V_i y V_o se ve afectada por la resistencia efectiva de la inductancia, especialmente si el valor de δ se aproxima a la unidad. Considerando un valor r de resistencia en la inductancia, se obtiene:

$$V_o / V_i = (\delta / 1 - \delta) [(1 - \delta) 2 R / (1 - \delta) 2 R + r]$$

3.1.2. Convertidor reductor/elevador: Conducción interrumpida por la inductancia L

En la Figura 3.3 pueden observarse las formas de onda de un convertidor flyback con distintas condiciones de carga.

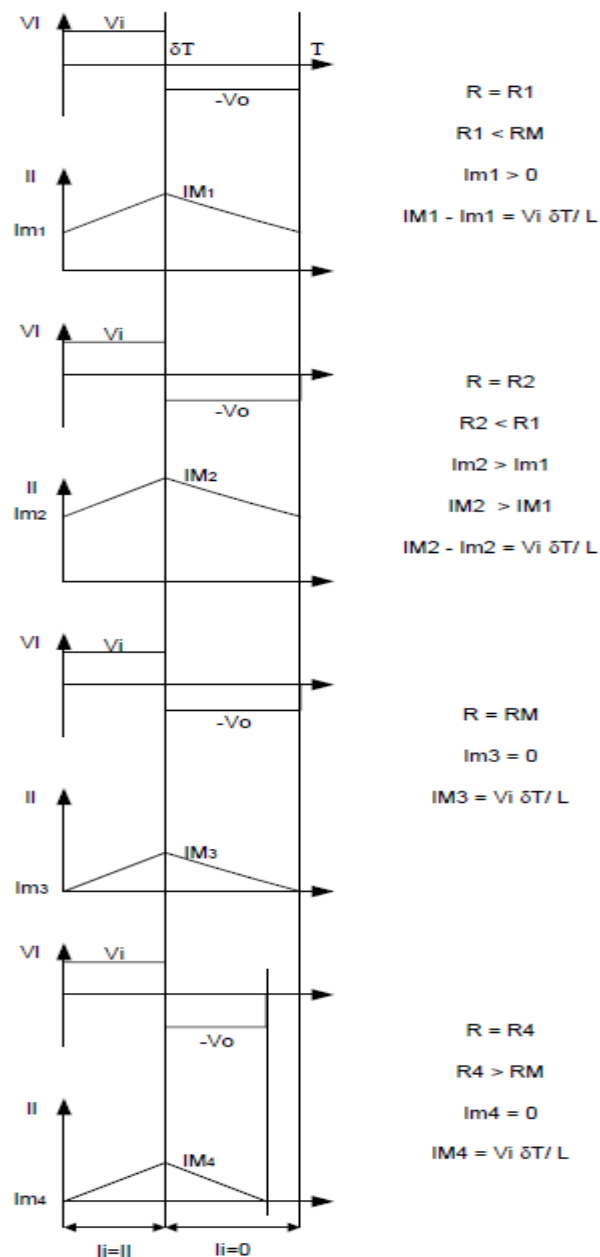


Figura 3.3 Diagramas de funcionamiento 2.

En estado de régimen permanente, es decir para condiciones estables de tensión de entrada, carga y ciclo de trabajo, sea cual fuese la forma de operación del convertidor, toda la energía tomada por el convertidor de la red es suministrada a la carga. Despreciando las pérdidas,

$$V_i I_i = V_o I_o$$

Donde los valores de tensiones y corrientes son los valores medios de entrada y salida respectivamente.

En operación con corriente ininterrumpida por la inductancia, ésta crece linealmente a partir de un umbral I_m . Como V_o es constante, si la carga aumenta (disminuye la R de carga), existe una mayor demanda de energía de la red. Dado que en esta condición de operación, la pendiente de la corriente en la inductancia es independiente de la corriente de carga, la mayor demanda de energía se refleja en un aumento del umbral I_m .

Por el contrario, si la carga disminuye (aumenta la R de carga), la demanda de energía será menor, resultando en una disminución de I_m . En consecuencia existirá un valor de R_M a partir del cual el umbral se hace cero, la corriente por la inductancia pasa a ser discontinua y se modifica la forma de operación del convertidor. La tensión de salida ya no es más independiente de la carga, sino que se eleva lo necesario para mantener el balance entre la energía acumulada y entregada en cada ciclo.

Adicionalmente, la energía en la inductancia es devuelta completamente antes del período T . En ese instante el diodo D se abre nuevamente y el condensador C mantiene constante la tensión de salida en el valor de $-V_o$.

Para R mayor o igual a R_M , la forma de onda de la corriente de entrada I_i permanece inalterada, por lo que para mantener el equilibrio energético V_o debe aumentar al incrementarse R .

En condiciones de operación discontinua, deja de ser válida la expresión que vincula las tensiones de salida y de entrada hallada en el apartado anterior. Si R es mayor o igual a R_M , el valor medio de la corriente de entrada I_i puede ser expresado como:

$$I_i = \delta I_m / 2$$

Además se verifica:

$$V_i = L di/dt$$

$$V_i = L I_m / \delta T$$

$$I_m = V_i \delta T / L$$

La determinación de la resistencia máxima resulta de las siguientes expresiones:

$$V_i I_i = V_o^2 / R_M$$

$$V_i \delta I_M / 2 = V_o^2 / R_M$$

$$V_i^2 \delta^2 T / 2 L = V_o^2 / R_M$$

En esta condición límite aún se satisface la relación $V_o / V_i = \delta / 1 - \delta$

$$R_M = 2 L / (1 - \delta)^2 T.$$

Para valores de $R > R_M$, la conducción es discontinua. Para determinar la nueva relación de las tensiones de entrada y salida se parte de la condición de conservación de energía:

$$V_i I_i = V_o I_o$$

En operación discontinua sigue siendo válida la expresión anterior de la corriente media de entrada I_i

$$I_i = I_M \delta / 2$$

Utilizando la expresión de I_M ,

$$I_i = V_i \delta^2 T / 2 L$$

Reemplazando en la ecuación inicial, se encuentra la relación buscada entre las tensiones de entrada y salida:

$$V_i^2 \delta^2 T / 2 L = V_o I_o.$$

$$\text{O bien, como } I_o = V_o / R$$

$$V_o / V_i = \delta \sqrt{(RT / 2L)}.$$

Se verifica que la tensión de salida no depende solo de la entrada y del ciclo de trabajo, sino que es también función de la carga. El mantener la tensión constante en esta forma de operación requiere que el circuito de control opere permanentemente sobre el ciclo de trabajo. Sin embargo, esta forma de operación presenta una mejor regulación frente a bruscas variaciones de carga, por lo que es normal encontrar convertidores que operen en una u otra condición.

La expresión anterior puede ser re escrita como

$$V_o / V_i = V_i \delta^2 T / 2 L I_o$$

Para un convertidor en particular, la tensión de entrada, la frecuencia de operación y la inductancia son valores fijos de operación. La característica de salida de este convertidor, puede ser dada como una curva normalizada en función de los siguientes valores:

$$V_n = V_o / V_i$$

$$I_n = L I_o / V_i T$$

Reemplazando en la expresión anterior por los valores normalizados,

$$V_n = \delta^2 / 2 I_n.$$

Aplicando igual concepto de normalización para operación ininterrumpida, de la expresión que vincula las tensiones de entrada y salida en esta forma de operación,

$$V_o / V_i = \delta / (1 - \delta)$$

$$V_n = \delta / (1 - \delta)$$

En la Figura 3.4 se ha representado en forma gráfica la característica normalizada de salida para ambas formas de operación. Puede observarse en la misma, el lugar geométrico que fija el límite de operación entre ambos modos.

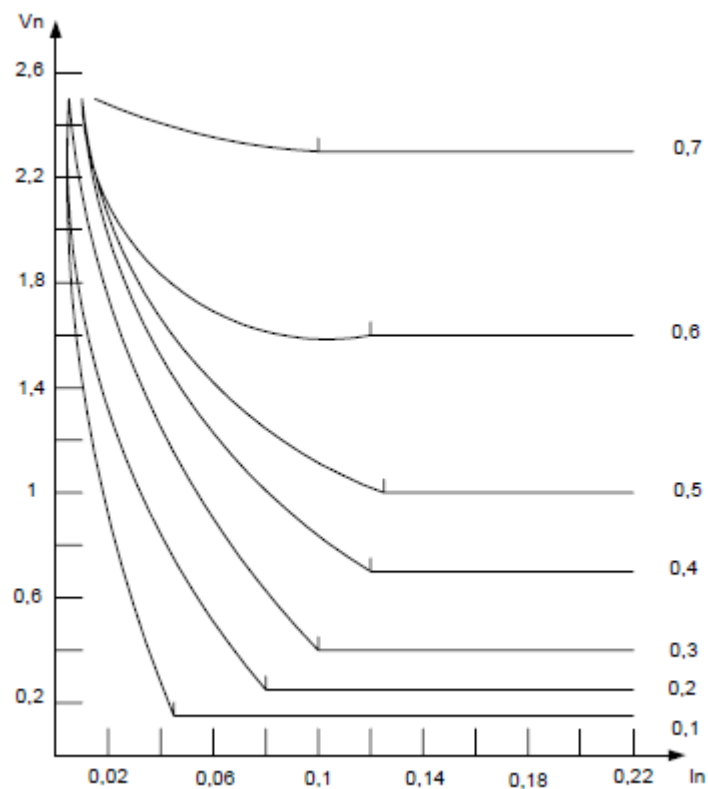


Figura 3.4 grafica de salida.

δ	\ln	V_n
0,1	0,045	0,11
0,2	0,08	0,25
0,3	0,105	0,43
0,4	0,12	0,66
0,5	0,125	1
0,6	0,12	1,5
0,7	0,105	2,33
0,8	0,08	4
0,9	0,045	9

3.2. Convertidor elevador o tipo “boost”

En la Figura 3.4 se presenta el esquema circuital de este convertidor y sus formas de onda asociadas para conducción ininterrumpida

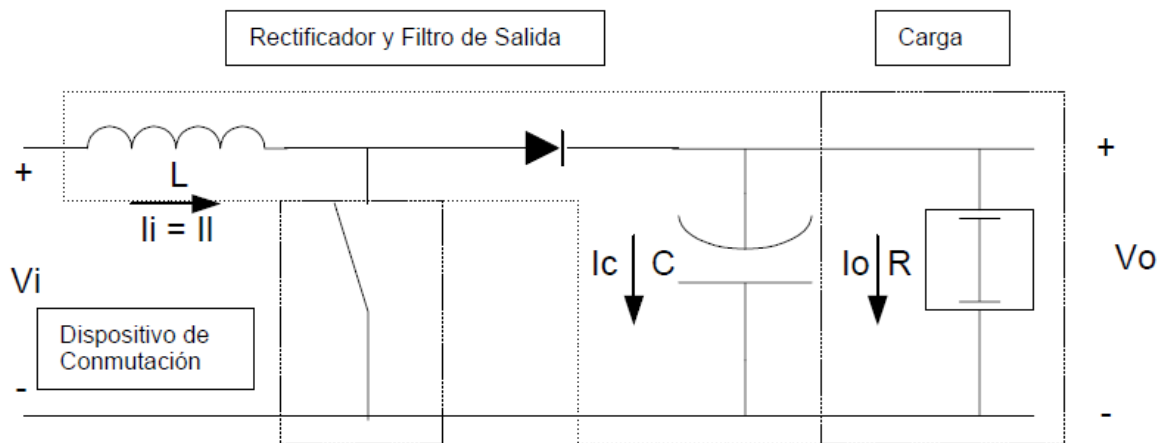


Figura 3.5 convertidor boost.

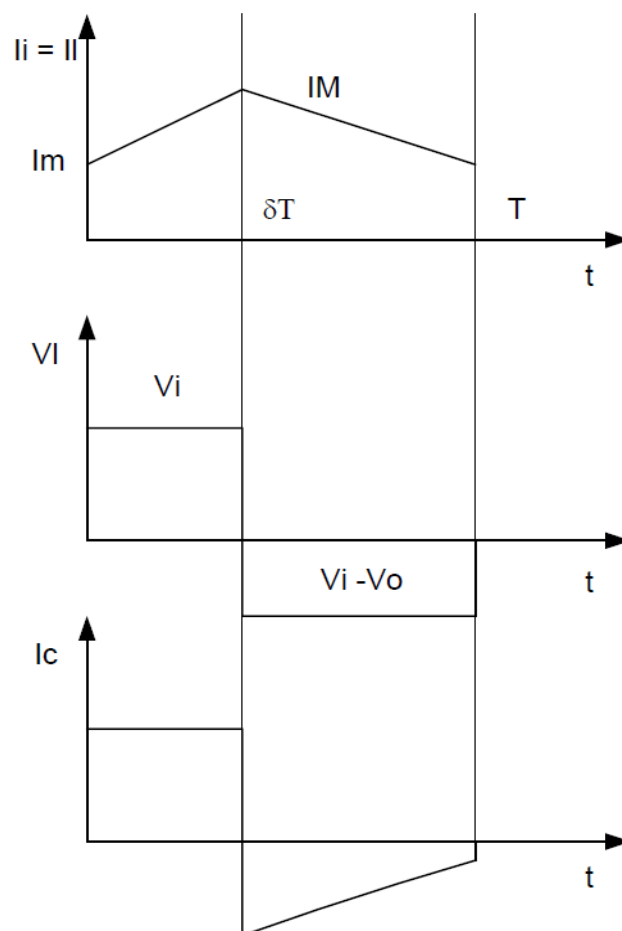


Figura 3.6 Diagramas de funcionamiento 3

Durante el período $tc = \delta T$ de conducción del elemento de conmutación, y en régimen permanente, la tensión de entrada V_i se aplica sobre la inductancia L . Por ser $V_o > V_i$, el diodo D queda inversamente polarizado y el condensador C mantiene constante la tensión de salida V_o . La corriente en la inductancia crece linealmente con una pendiente V_i / L , con un valor inicial de la rampa fijado por la resistencia R de carga del circuito.

En este convertidor, la corriente de entrada I_i coincide siempre con la corriente I_l en la inductancia. Considerando despreciable la descarga de C en el período $tc = \delta T$, V_o es constante con ripple despreciable y la corriente I_o es también constante e igual a V_o / R .

En el período de no-conducción $T - tc$, la tensión de entrada V_i se aplica a la inductancia en serie con la carga. La corriente I_l continúa siendo igual a I_l y la inductancia devuelve su energía a la carga y al condensador de filtro de salida a través del diodo D . La conducción del diodo D fija en la inductancia la tensión $V_i - V_o$, con polaridad inversa a la del período de conducción. Su corriente decrece en forma lineal con una pendiente $-(V_o - V_i) / L$ durante el tiempo $T - tc$.

La corriente I_c por ser $I_c = I_l - I_o$, varía con pendiente positiva, manteniendo I_o constante y con un valor medio nulo.

Las gráficas de la Figura 3.6 corresponden a conducción ininterrumpida por la inductancia, desarrollándose a continuación las expresiones para este modo de operación

3.2.1. Convertidor elevador: Conducción ininterrumpida por la inductancia L

La energía almacenada por la inductancia L en el período δT , es igual al devuelto durante el período $T - tc$:

$$V_i \delta T = (V_o - V_i) (1 - \delta) T$$

La relación entre tensión de entrada y salida para operación ininterrumpida resulta:

$$V_o = V_i / (1 - \delta)$$

-La tensión de salida es independiente de la carga

-La tensión de salida puede ser fácilmente modificada mediante la variación de δ .

En este convertidor, la ganancia de continua V_o / V_i se encuentra considerablemente afectada por la resistencia interna de la inductancia, especialmente cuando δ tiende a 1.

Considerando una resistencia de carga R y una resistencia interna r en la inductancia, se obtiene una nueva expresión de la ganancia dada por:

$$V_o/V_i = \{1 / (1 - \delta)\} \{ (1 - \delta)2R / (1 - \delta)2R + r \}, \text{ con un máximo } V_o/V_i = \frac{1}{2} \sqrt{R/r}$$

La diferencia entre la ganancia ideal y real se indica en la Figura 3.7

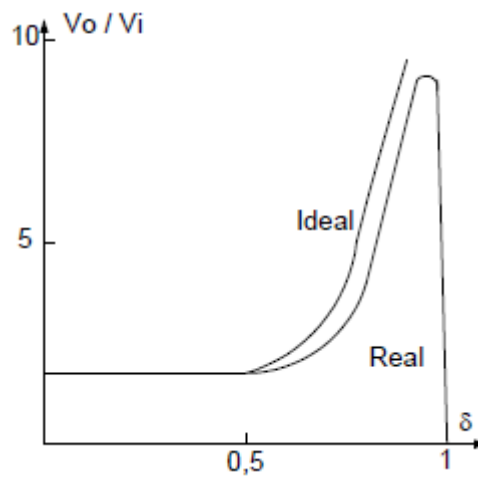


Figura 3.7 Diferencia de ganancias.

3.2.2. Convertidor elevador: Conducción interrumpida por la inductancia L

En la siguiente figura se indican las gráficas correspondientes a este tipo de convertidor ante variaciones de la resistencia de carga.

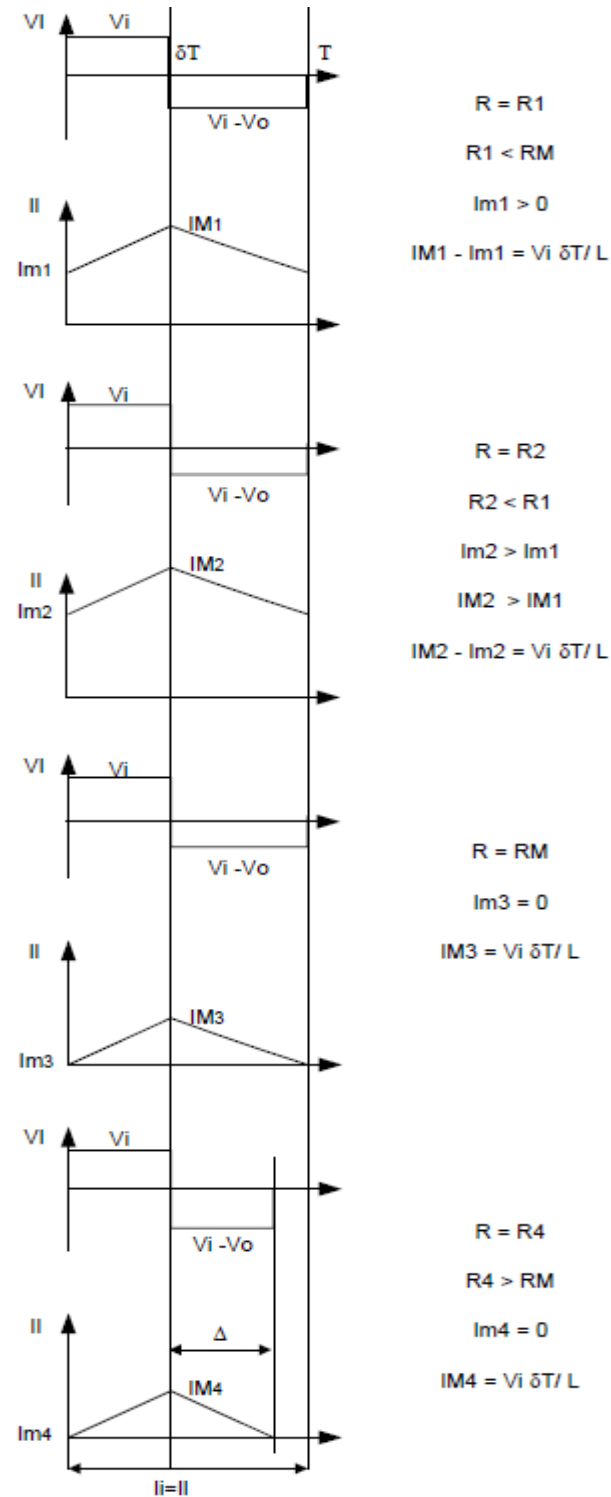


Figura 3.8 Diagramas de funcionamiento 4.

El valor medio de la corriente en conducción ininterrumpida es

$$I_l = I_M + I_m / 2$$

La condición límite se corresponde a $I_m = 0$

$$I_l = I_M / 2$$

Correspondiendo en esta operación

$$V_i = L di/dt$$

$$V_i = L I_M / \delta T$$

$$I_M = V_i \delta T / L$$

La resistencia máxima resulta de las siguientes expresiones:

$$V_i I_i = V_o^2 / R_M$$

$$V_i I_M / 2 = V_o^2 / R_M$$

$$V_i^2 \delta T / 2 L = V_o^2 / R_M$$

Como aún se satisface la relación $V_o / V_i = 1 / (1 - \delta)$

$$R_M = 2 L / \delta (1 - \delta)^2 T$$

Para $R > R_M$, la conducción es discontinua. Se determina la nueva relación de las tensiones de entrada y salida partiendo de la expresión:

$$V_i I_i = V_o I_o$$

En operación discontinua se satisface durante el período de conducción que

$$V_i = L di/dt$$

$$V_i = L I_M / \delta T$$

$$I_M = V_i \delta T / L$$

Para el período de no conducción,

$$V_o - V_i = L \, I_M / \Delta$$

$$\Delta = L \, I_M / V_o - V_i$$

$$\Delta = V_i \, \delta T / V_o - V_i$$

Por lo que el valor medio de la corriente de entrada resulta:

$$I_i = I_M \, \delta T / 2T + I_M \, \Delta / 2T$$

$$I_i = I_M \, \delta \, V_o / 2 (V_o - V_i)$$

$$I_i = \delta 2T \, V_o \, V_i / 2L (V_o - V_i)$$

Reemplazando este valor en la igualdad de potencia de entrada y salida:

$$V_i \, \delta 2T \, V_o \, V_i / 2L (V_o - V_i) = V_o \, I_o$$

Expresión que vincula la tensión de salida con la de entrada, ciclo de trabajo y resistencia de carga.

La expresión anterior puede ser re escrita como

$$V_o / V_i = \delta 2 / (2 L \, I_o / V_i T) (V_o - V_i) / V_o$$

Para un convertidor en particular, la tensión de entrada, la frecuencia de operación y la inductancia son valores fijos de operación. La característica de salida de este convertidor, puede ser dada como una curva normalizada en función de los siguientes valores:

$$V_n = V_o / V_i$$

$$I_n = L \, I_o / V_i T$$

$$V_n = 1 + \delta 2 / 2 I_n$$

Aplicando igual concepto de normalización para operación ininterrumpida, de la expresión que vincula las tensiones de entrada y salida en esta forma de operación,

$$V_o / V_i = 1 / 1 - \delta$$

$$V_n = 1 / 1 - \delta$$

En la siguiente figura se ha representado en forma gráfica la característica de salida para ambas formas de operación.

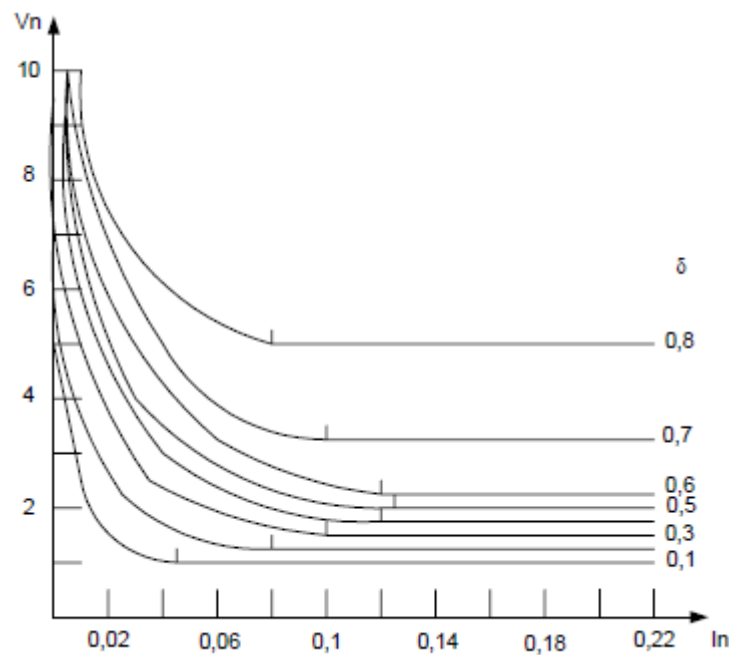


Figura 3.9 Grafica de salida 2.

δ	ln	Vn
0,1	0,045	1,11
0,2	0,08	1,25
0,3	0,105	1,43
0,4	0,12	1,67
0,5	0,125	2
0,6	0,12	2,5
0,7	0,105	3,33
0,8	0,08	5
0,9	0,045	10

3.3. Comparación de los Circuitos Convertidores Básicos

A continuación se realiza una comparación de los circuitos convertidores básicos estudiados.

Cuadro comparativo

Topología	Polaridades de V_o y V_i	Magnitudes de V_o y V_i
Flyback	Polaridad inversa	Elevador o Reductor
Boost	Igual polaridad	Elevador

Modos de Operación

Cada uno de los dos circuitos convertidores estudiados presentan muy diferentes características de funcionamiento a lazo abierto y cerrado, según trabajen en uno u otro modo de operación. Diseños realizados para un modo no pueden ser operados en el otro, ya que puede producirse un comportamiento inestable debido a las diferentes características de los circuitos de realimentación.

Convertidores diseñados para operación ininterrumpida no deben ser operados en condiciones de baja carga.

Operación con corriente ininterrumpida

En este modo de operación, la corriente por la inductancia nunca permanece en un valor nulo durante cualquier intervalo del ciclo de operación. Esta condición implica una inductancia significativamente mayor que la requerida para operar en modo discontinuo.

Debe considerarse que si bien en este modo de operación la corriente en la inductancia es ininterrumpida en todos los tipos de convertidores, en los del tipo flyback y boost la corriente en la etapa de salida (por ejemplo la corriente por el diodo), no lo es. Por el contrario en el convertidor forward, por ser la corriente en la inductancia la misma que la de la etapa de salida, ésta es ininterrumpida en ambos casos, resultando en un menor ripple. Este convertidor es en consecuencia más fácil de filtrar y su uso se incrementa al aumentar la potencia del convertidor.

Las relaciones V_o / V_i deducidas en los apartados anteriores son las siguientes:

Flyback	Boost
$V_o/V_i = \delta / 1 - \delta$	$V_o/V_i = 1/1 - \delta$

En operación ininterrumpida, y siempre dentro de las aproximaciones realizadas, la relación entre la tensión de entrada y salida es independiente de la carga. Esto resulta en una excelente regulación frente a variaciones de carga. Por el contrario, la dependencia de la tensión de salida de la de entrada significa en una mala regulación frente a variaciones de V_i .

Finalmente, los altos valores de inductancia requeridos para operar en este modo, junto con el capacitor de salida, constituyen un retardo de segundo orden en el lazo de realimentación, provocando una baja velocidad de respuesta de lazo cerrado.

Operación con corriente interrumpida

Operando en este modo, la corriente en la inductancia cae a cero en cada ciclo de operación. Esto implica mayores picos de corriente para los mismos requerimientos de

energía, aumentando las exigencias tanto del dispositivo de conmutación, como del capacitor de filtro y de la propia inductancia.

En cuanto a la regulación frente a variaciones de carga, la operación en este modo de cualquiera de los convertidores estudiados es peor que en modo ininterrumpido. Tal como se demostró anteriormente, la tensión de salida es en este modo de operación, función de la resistencia de carga. La dependencia de la tensión de salida de las variaciones de la de entrada resulta también en una baja regulación frente a las variaciones de tensión de línea.

Las relaciones V_o / V_i deducidas en los apartados anteriores son las siguientes:

Flyback	Boost
$V_o / V_i = \delta^2 V_i T / 2 L I_o$	$V_o / V_i = \delta^2 / (2 L I_o / V_i T) (V_o - V_i) / V_o$

La principal ventaja de este modo de operación es que los convertidores operando en modo discontinuo presentan una muy buena respuesta de lazo cerrado y son muy estables. Estas características son debidas a que la inductancia comienza cada ciclo sin energía almacenada, permitiendo al circuito de control obtener el nivel necesario de energía y en consecuencia entregar la corriente requerida ciclo a ciclo. La inductancia no influye en las características de señal de lazo cerrado, resultando el capacitor el único elemento de retardo dentro del lazo.





CAPÍTULO 4

4. CIRCUITO DE POTENCIA

En este capítulo se van a exponer las razones de la elección del circuito elevador tipo Boost, las particularidades del diseño del mismo y las soluciones planteadas para su control y la justificación de la elección del diseño final.

4.1. Potencia

La necesidad de un circuito de potencia en el robot F180 viene dada sobre todo por el uso que se le va a dar al solenoide ya que aunque algunos de los otros dispositivos necesitan una alimentación diferente a la proporcionada por la batería esta puede ser fácilmente obtenida mediante divisores de tensión.

Sin embargo el solenoide requiere de tensiones muy superiores a las proporcionadas por la batería, unas 13 veces superior. De la batería obtenemos 15 voltios de continua aproximadamente, y para realizar un disparo optimo, el voltaje indicado se encuentra por encima de los 180 voltios.

Esta demanda de tensión del solenoide se debe a que no se utilizara como un actuador mecánico por posición, como una compuerta o para que ejerza presión sobre otra pieza, si no que se utilizará para realizar el disparo, por esto, lo que se requiere de él, es un movimiento muy rápido y brusco, es decir, un movimiento de golpeo. Esto implica que no sea necesario aplicar el voltaje de manera constante si no a modo de descarga puntual sobre el solenoide, lo que significa que tan solo requiere un “pico de corriente” para realizar el disparo.

Para lograrlo optamos por implementar una solución parecida a la utilizada por el flash de las cámaras fotográficas, consistente en un condensador que actúa como acumulador de tensión, y que la aplicará sobre el solenoide.

El acumulador de tensión consta de 2 condensadores en paralelo de 1500 microfaradios capaces de soportar hasta 250 voltios.

4.2. Diseño

Ya que el circuito Flyback [15] necesita de la instalación de un transformador y al no encontrar ninguno comercial que se ajustara a nuestras necesidades, sobre todo debido al reducido espacio disponible, para elevar la tensión recurrimos a un circuito elevador tipo Boost [15].

Como se necesita una relación de tensiones muy alta, decidimos utilizar un diseño de dos etapas. En la primera etapa la tensión se eleva de los 15 voltios hasta unos 50 voltios y en la segunda llegamos hasta los 200 voltios aproximadamente.

$$V_i \delta T = (V_{c1} - V_i) (1 - \delta) T$$

$$V_{c1} / V_i = \delta^2 / (2 L I_o / V_i T) (V_{c1} - V_i) / V_o$$

$$V_{c1} = V_i / (1 - \delta)$$

$$V_{c1} / V_i = 1 / (1 - \delta)$$

$$V_{c2} / V_{c1} = 1 / (1 - \delta)$$

$$V_{c2} / V_i = (1 / (1 - \delta))^2$$

$$206 = 15(1/(1-0.73))^2$$

El diseño tiene ciertas particularidades, tales como que las dos etapas estén conectadas directamente entre sí, la ausencia de resistencias de carga, que el ciclo de trabajo de las dos etapas sea el mismo, la existencia de dos diodos entre la batería y los condensadores y que la señal esté en fase.

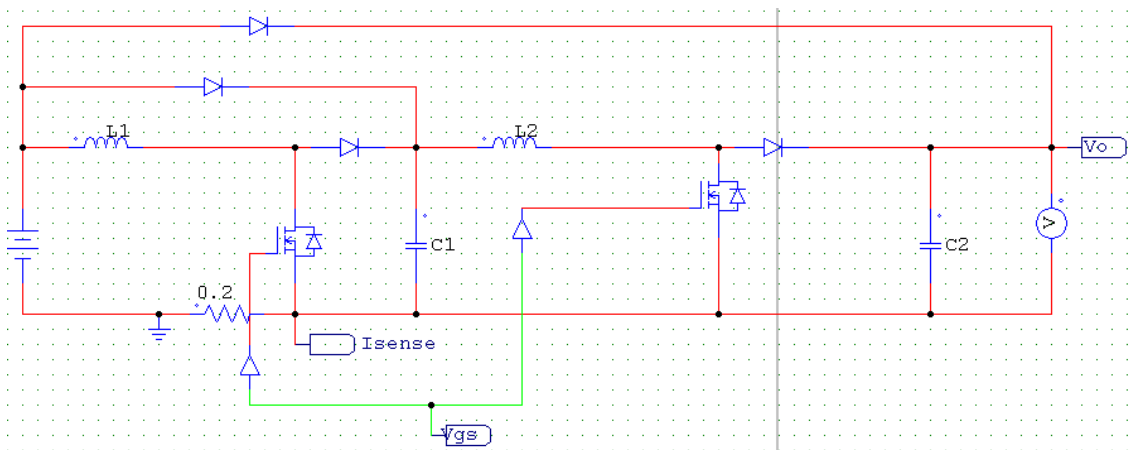


Figura 4.1 boost de 2 etapas..

(Esto último se hizo por simplificar el diseño, se podría estudiar el aplicar diferentes ciclos de trabajo a cada fase y “jugar” con los desfases para conseguir un mayor rendimiento)

Los diodos entre la batería y los condensadores proporcionan una carga inicial a estos de 15 voltios, lo que suaviza notablemente el inicio de la carga de los mismos, permitiendo que las corrientes de carga iniciales sean mucho más pequeñas.

Al comenzar con una tensión superior a cero se consigue así que tanto el elevador como el circuito de control puedan operar de una manera más óptima en el arranque de la carga.

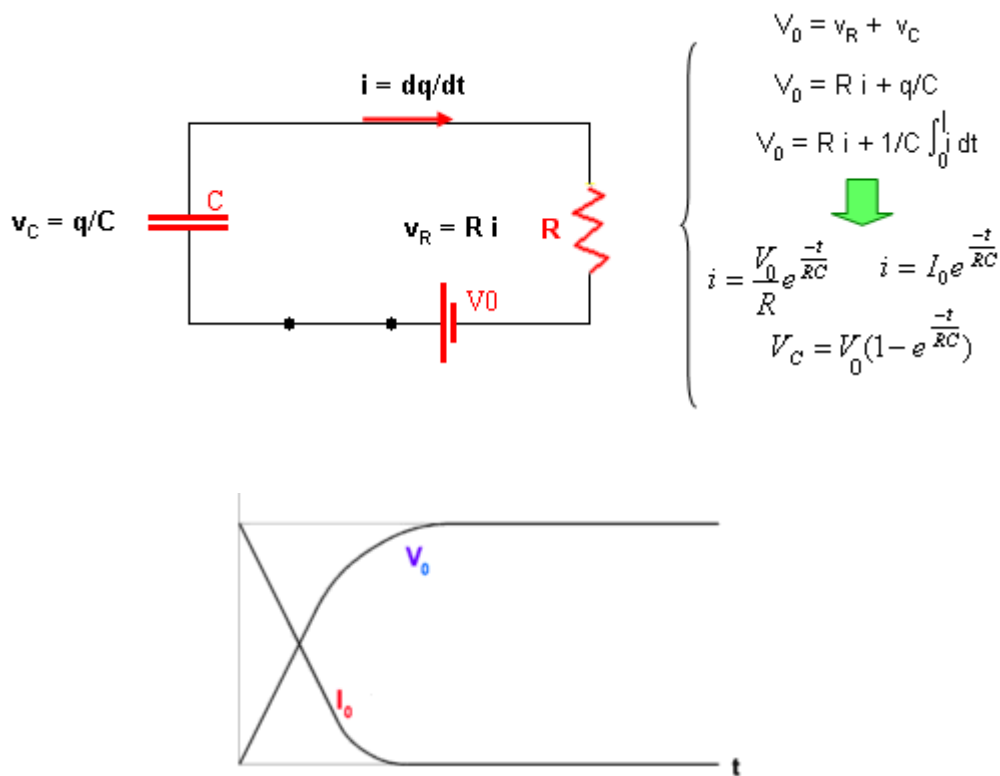


Figura 4.2 Carga del condensador.

La ausencia de resistencia de carga se debe sobre todo a que nuestro circuito está orientado exclusivamente a la carga del condensador, y dado que no existe ningún circuito o elemento posterior al elevador que requiera que la corriente no varíe o que la tensión se aplique de manera constante, la resistencia de carga, que cumpliría el cometido de estabilizar estas magnitudes, por eso no es necesaria para esta función y como solo provocaría pérdidas se optó por no incluirla en nuestro diseño.

Al no existir resistencia de carga el control del elevador se complica sensiblemente ya que la corriente del circuito dependerá casi exclusivamente de la carga del condensador y esta variará con el tiempo, lo que hace necesaria la implementación de un sistema de control que monitoree el estado de la tensión en la batería de condensadores y dependiendo del nivel de la misma permita o no el funcionamiento del elevador, controlando así su alimentación a través de un transistor utilizado como interruptor.

4.3. Control

El control del elevador se basa en la regulación de la corriente de carga de la batería de condensadores para ajustar el ritmo de la misma y el control de la tensión en dicha batería para que su valor final sea el adecuado y poder realizar el disparo a través del solenoide.

Este control se realizara regulando la alimentación del elevador y la PWM (pulse width modulation) utilizada por el mismo.

4.3.1. UC3842

La primera opción diseñada fue un circuito capaz de generar la señal de control, PWM, del elevador y variar su ciclo de trabajo en función de la tensión en el condensador y de la corriente de carga del mismo, permitiendo así un acercamiento más suave al nivel deseado, y un mantenimiento del mismo bastante eficaz.

El circuito disponía de un sistema de arranque para comenzar la carga; y de un control de la intensidad para regular la velocidad de la misma, para que esta se ajustara a la diferencia entre la tensión actual y la deseada, permitiendo que la carga fuese más rápida cuanto mayor fuese la diferencia que existía entre estas dos tensiones y que aumentara de manera más gradual al acercarse al nivel deseado. También era capaz de detectar cuando había alcanzado el condensador la tensión deseada y mantenerla dentro de unos márgenes prefijados.

Su diseño utilizando el integrado UC3842 y los resultados de las simulaciones son los que se muestran a continuación.

Cuando se realizaron las pruebas con el circuito real se vio que tan solo funcionaba en modo de arranque y corte, ya que la corriente de carga máxima se alcanzaba “demasiado” rápido y el ajuste de las “sondas”, utilizadas para comprobar la tensión en el condensador y controlar la corriente que circulaba por el circuito, necesitaban de un diseño más cuidado para evitar pérdidas y alcanzar niveles de tensión y corriente óptimos, en las entradas del integrado UC3842 y dado que el resultado no iba a ser el esperado y que el tamaño de la placa de control aumentaba demasiado se optó por un diseño más sencillo.

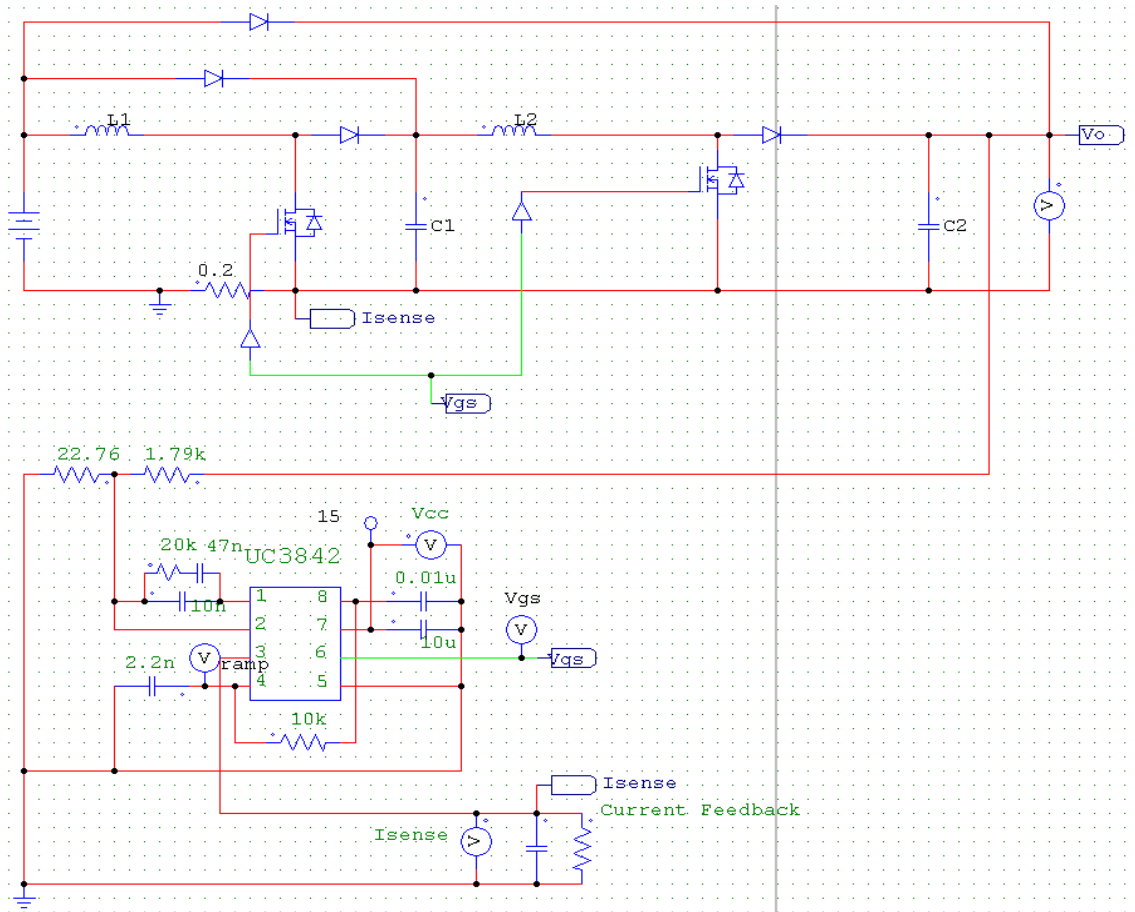


Figura 4.3 Control con UC3842.

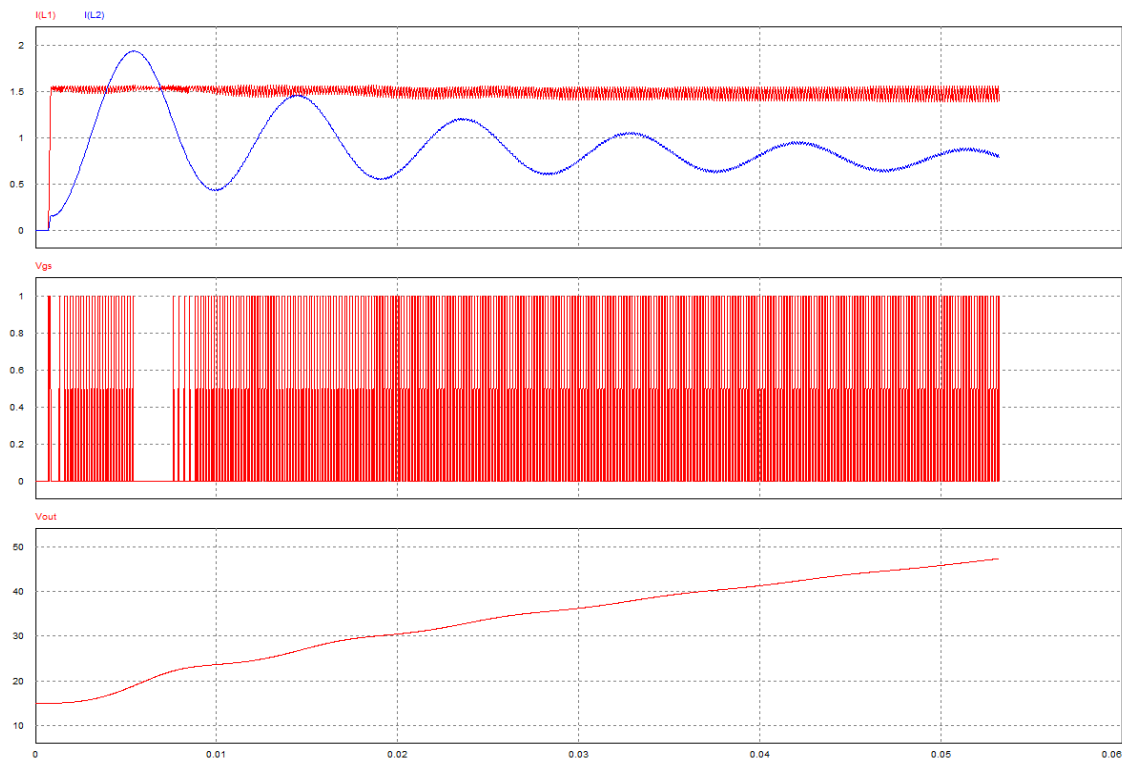


Figura 4.4 Graficas de carga UC3842.

4.3.2. Comparador

El diseño final utilizado para el control del circuito de potencia consiste básicamente en un circuito comparador y dos divisores de tensión.

El control ya no se realizará a través de la regulación de la PWM, si no que se monitorizará la tensión en la batería de condensadores para regularla de manera directa.

Esto se lleva a cabo utilizando los divisores de tensión para ajustar los voltajes en las entradas del comparador y en función de la diferencia entre los mismos, el comparador permitirá o impedirá el funcionamiento del elevador y a su vez la carga de los condensadores.

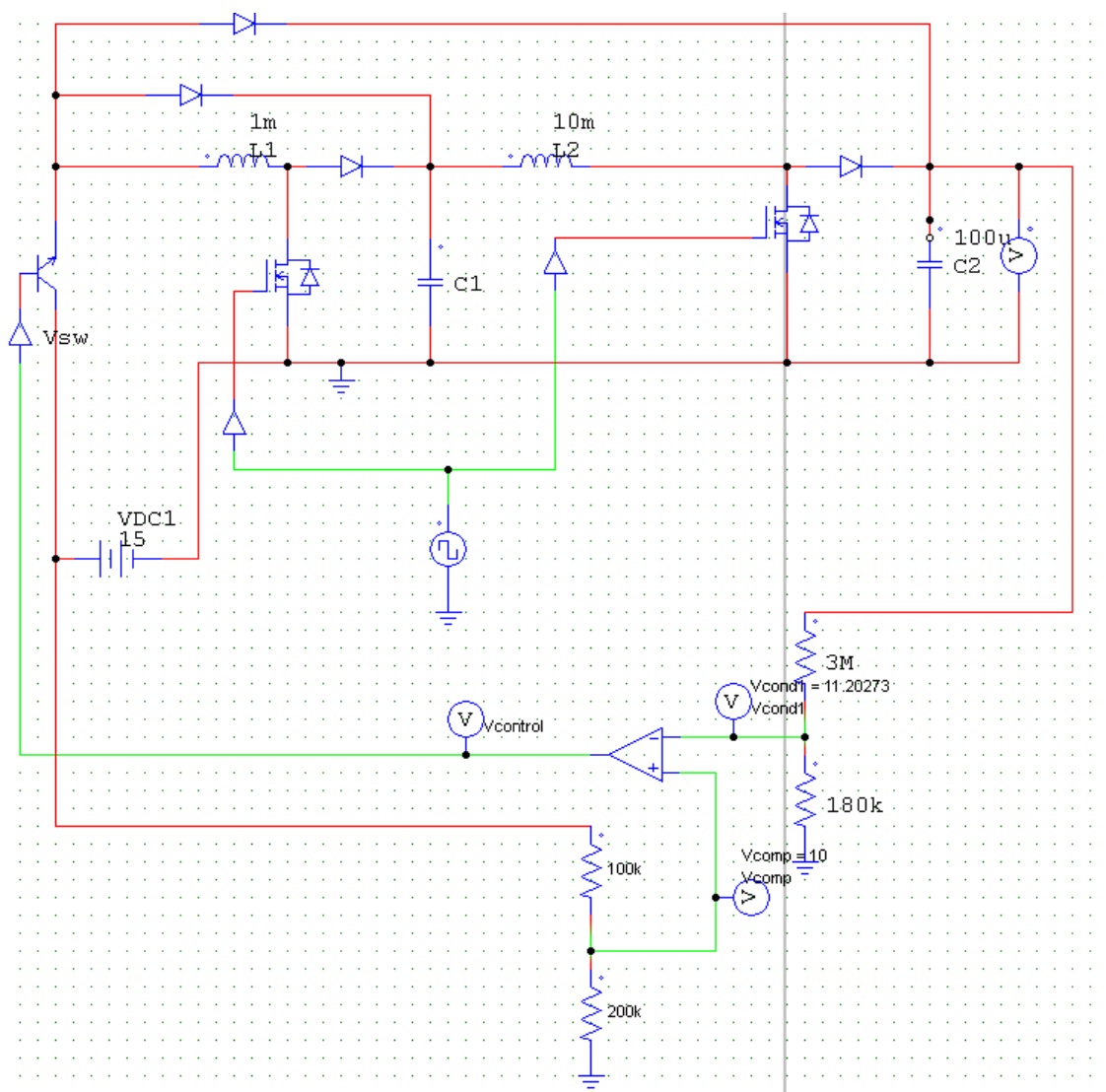


Figura 4.5 Control con comparador.

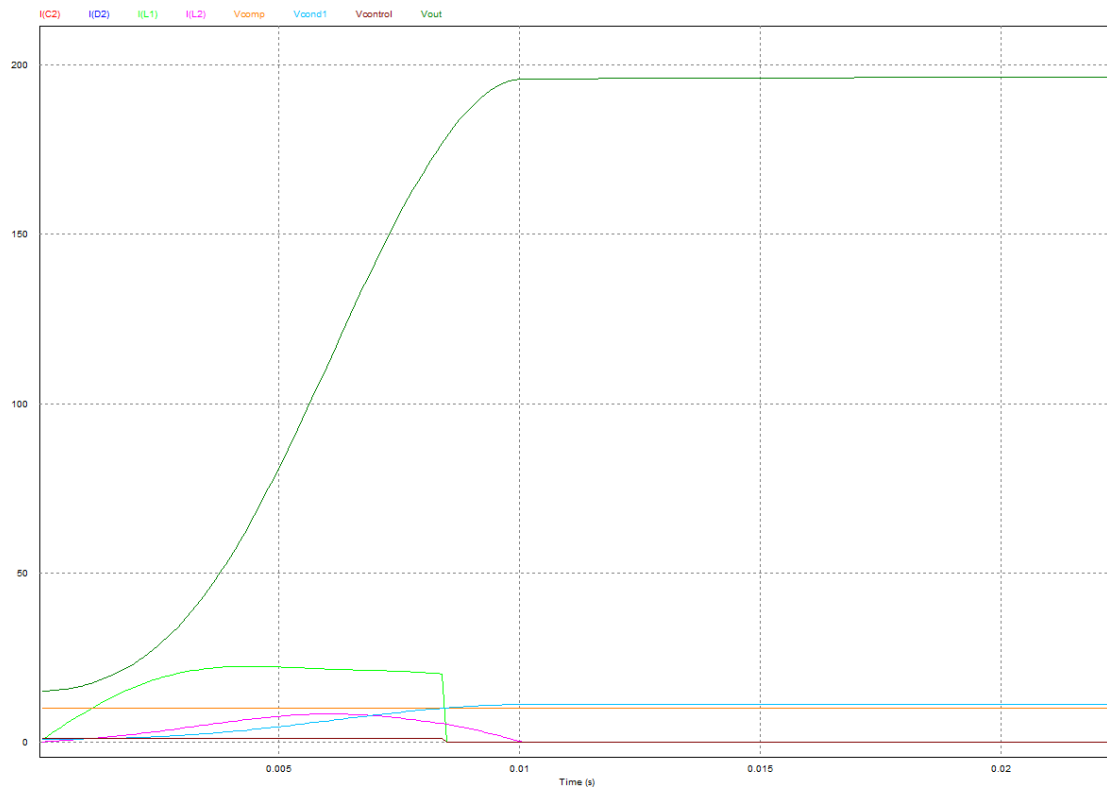


Figura 4.6 Gráficas de carga comparador.

Con el primer divisor conseguimos bajar la tensión de la batería a un nivel óptimo en la entrada del comparador, y calculamos el otro divisor para que cuando el capacitor este cargado al nivel deseado (unos 200 voltios) la tensión en la otra entrada del comparador sea mayor que la obtenida en el primer divisor.

Una vez alcanzado este punto, el comparador cortará la alimentación del circuito elevador, interrumpiendo así la carga del capacitor. Reanudándola cuando la tensión en dicho condensador baje, ya que se descarga lentamente a través del comparador, que se comporta como una resistencia de carga, aunque se intenta reducir su efecto, manteniendo así la tensión dentro de unos valores deseables.

Se pensó en implementar un ciclo de histéresis en el comparador, pero el capacitor ya tiene cierta inercia en la carga y en la descarga, además de que el funcionamiento del transistor BJT ya nos proporciona un retardo en el actuador, así que para reducir tamaño y perdidas se optó por no añadirlo.

4.4. PWM

La señal PWM [13] es una señal cuadrada de ciclo de trabajo variable que se utiliza para controlar el funcionamiento del elevador Boost del circuito de potencia.

Esta señal se aplica sobre los transistores, que funcionan como interruptores, encargados de permitir la excitación de las bobinas del elevador y habilitar su descarga “sobre” los condensadores.

La señal PWM para el circuito de potencia se obtiene por medio de un circuito con un integrado 555 en modo astable.

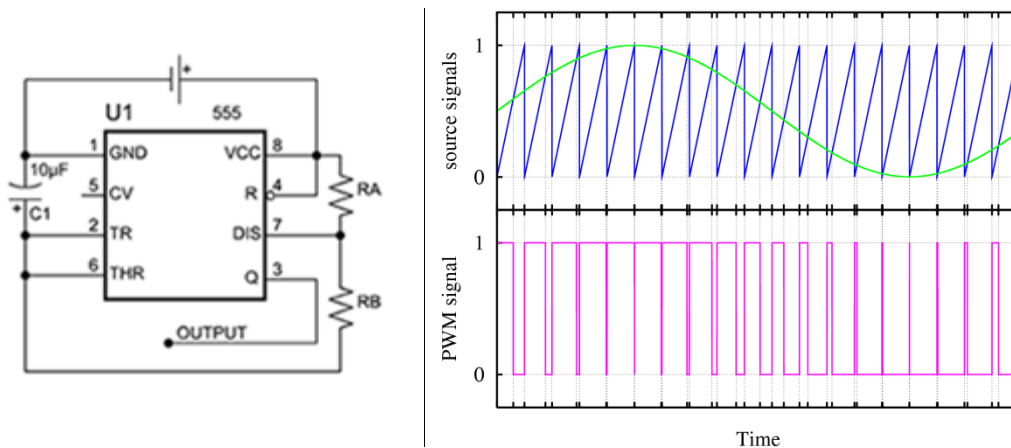


Figura 4.7 Configuración y funcionamiento del 555.

Se podría haber obtenido esta señal utilizando el microprocesador del propio robot, pero se decidió no añadir más carga de trabajo al microprocesador, dejándolo libre para el control del resto de tareas, aunque esto suponga aumentar el tamaño de la circuitería.

Se realizaron pruebas con diferentes frecuencias y ciclos de trabajo, y se optó por un ciclo del 65% y una frecuencia de 25 KHz que proporcionan la carga más rápida sin saturar la bobinas.

La alimentación del circuito generador de PWM 555 necesita de tratamiento previo, ya que la demanda de corriente variable por parte del circuito de potencia genera gran cantidad de ruido en la alimentación del generador de PWM, así que es necesaria la implementación de un filtro para eliminarlo.

La solución fue la instalación de un condensador en paralelo con la entrada de la alimentación en el 555 que filtra la señal dejándola estable y permitiendo así el funcionamiento de manera correcta del generador de PWM.

4.5. Protecciones

Para proteger tanto el circuito como el robot se tomaron las siguientes medidas:

-Se diseñó el circuito con un plano de masa independiente para el control y el elevador, unidos entre sí posteriormente, para mejorar la inducción que se puede crear entre ambos circuitos.

-Las conexiones entre el circuito de potencia y el microprocesador se realizan a través de la placa de pruebas del mismo, que dispone de protecciones suficientes para impedir daños al microprocesador.

-En el momento de realizar el disparo, y dado que durante el mismo se generan grandes corrientes por la descarga del condensador sobre el solenoide se decidió aislar el circuito de control del elevador interrumpiendo la realimentación momentáneamente para impedir derivaciones de corriente y así asegurarnos que el circuito de control no reciba grandes tensiones ni corrientes, para las que no está diseñado.

Este corte se realiza por software, cuando el microprocesador del robot envíe la señal para el disparo del solenoide, esta señal estará también conectada al transistor utilizado para cortar la realimentación y mediante retardos nos aseguraremos que la realimentación se abra antes de que se produzca el disparo, volviendo a conectarse una vez que la señal de disparo deje de llegar.

-La alimentación del circuito de control está protegida de ruidos mediante filtros, que permiten al mismo actuar de manera óptima.

4.6. Conclusiones y Mejoras

El circuito de potencia diseñado es un prototipo funcional, desempeña su función de manera correcta, pero se podrían realizar mejoras para permitir una carga más rápida de los condensadores y eliminar pérdidas.

Un estudio de la excitación de las bobinas y la adquisición o fabricación de unas más adecuadas al sistema reducirían el tamaño y las pérdidas en las mismas ya que las utilizadas están sobredimensionadas para permitir una mayor intensidad.

Sería recomendable la eliminación de ruidos en todo el circuito, ya que en el prototipo solo se han tratado los que podría afectar al circuito de control.

Aunque su diseño se ha realizado de manera modular, permitiendo el recambio de las partes averiadas, sería de mucha utilidad implantar fusibles y otros elementos de corte que permitan salvaguardar el circuito de averías en cadena, permitiendo así una detección de las mismas de manera más eficaz y una reparación más rápida.

Un estudio exhaustivo de los condensadores podría reducir el tiempo de carga de los mismos. En el diseño utilizamos los de mayor capacidad posible que pudieran ubicarse en el robot, ya que esto nos permite un mayor tiempo de descarga y por lo tanto más tiempo de aplicación de intensidad sobre el solenoide, pero reduciendo este tiempo al necesario para el disparo se podría reducir también el tiempo de carga de los capacitores, aunque este “exceso” de tiempo de descarga podría proporcionarnos varios



disparos sin recargar los condensadores mediante la regulación del tiempo de descarga por software.

Tras el diseño e implementación del circuito de potencia podemos concluir que la caracterización de los elementos inductivos y capacitivos dista mucho de ser ideal y requiere de un proceso empírico para lograrse, por lo que el ajuste de los mismos debe ser cuidadoso y concienzudo.

A título personal aprendí mucho sobre la economía de esfuerzos, ya que en varias ocasiones la solución más elegante y en apariencia versátil puede no ser la más adecuada y que la que resulta más burda en un principio puede ser la más indicada, sencilla y fácil de implementar.



CAPÍTULO 5

5. PRESUPUESTO

5.1. COSTE MATERIAL

5.1.1. Estructura

Concepto	Precio Unitario	Unidades	Precio Total
Base Principal aluminio 4mm de espesor, 18 cm diámetro	90,00	1	90,00
Escuadra motor aluminio 1.5mm	7,00	4	28,00
Escuadra solenoide aluminio 1.5 mm	7,00	1	7,00
Pilar Soporte eje de aluminio 4 mm	7,35	2	14,70
Base primera planta aluminio 1.5 mm	20,00	1	20,00
Base segunda planta aluminio 1.5 mm	20,00	1	20,00
Separadores roscados	1,00	15	15,00
Tornillería	3,00	-	3,00
TOTAL			197,70

5.1.2. Sistema Locomotor

Concepto	Precio Unitario	Unidades	Precio Total
Rueda omnidireccional mod 2051	2,06	4	8,24
Casquillo rueda	4,00	4	16,00
Motor EC45 Flat Brushless 30W con electrónica integrada	186,45	4	745,80
TOTAL			770,04

5.1.3. Dribbler

Concepto	Precio Unitario	Unidades	Precio Total
Rueda 34 dientes	1,65	1	1,65
Rueda 12 dientes	1,15	1	1,15
Topes de goma	2,15	2	4,30
Motor Maxon Slim A-max	36,51	1	36,51
Barra roscada de 3mm de diámetro	1,25	1	1,25
TOTAL			44,86

5.1.4. Sistema de Disparo

Concepto	Precio Unitario	Unidades	Precio Total
Solenoide de Tracción 24Vdc RP16 X 16 Magnet-Schultz	28,49	1	28,49
Condensador Snap-In UQ 1500uF 250V 85deg C	10,95	2	21,90
Condensador electro Al TSUP,470uF 100V	4,19	1	4,19
Bobina 1mH	3,80	1	3,80
Bobina 10mH	4,10	1	4,10
Mosfet FDP51N25	2,63	3	7,90
BJT BD249	4,55	2	9,10
Diodo STTH5L06D	0,99	5	4,95
LM741	0,49	1	0,49
NE555	0,48	1	0,48
Componentes electrónicos varios	5,00	1	5,00
TOTAL			90,40

5.1.5. Sistema de Control

Concepto	Precio Unitario	Unidades	Precio Total
Placa de control Rabbit RCM 5400W	240,00	1	240,00
TOTAL			240,00

5.1.6. Cableado y Conexionado

Concepto	Precio Unitario	Unidades	Precio Total
Cables, clemas y conectores	Varios	Varios	15,00
Protector helicoidal para cables	10m	0,57	5,70
TOTAL			20,70

5.1.7. Alimentación

Concepto	Precio Unitario	Unidades	Precio Total
Batería 14,8V 3300MAH 30C	59,99	1	59,99
Cargador/Equilibrador LiPO "Dual Power"	79,99	1	79,99
TOTAL			139,98

5.2. COSTE DE PERSONAL

Los costes de personal se han calculado en función de los sueldos base para Ingenieros técnicos y la cuantía de las becas para ingeniero técnico. La duración se ha estimado en 9 meses, tiempo que engloba el diseño, la construcción y la redacción del presente proyecto. Los cargos sobre los salario brutos son de un 7% en concepto de Seguridad Social y un 22% en concepto de I.R.P.F.

Concepto	Sueldo mensual	Meses	Total
Ingeniero Técnico Industrial	1.500,00	9	13.500,00
Total antes de impuestos			13.500,00
TOTAL			17.415,00

5.3. PRESUPUESTO FINAL

El importe total asciende a:

Concepto	Total
Coste material	1.503,68
Coste personal	17.415,00
TOTAL	18.918,68

El presupuesto de ejecución material del proyecto asciende a la cantidad de **DIECIOCHO MIL NOVECIENTOS DIECIOCHO CON SESENTA Y OCHO EUROS.**



CAPÍTULO 6

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MICROROBOT (EUROBOT08). Pablo Escribano García, PFC Universidad Carlos III de Madrid.
- [2] SISTEMA DE CONTROL DE TRACCIÓN Y POSICIONAMIENTO DE UN MICROROBOT EUROBOT 2008. Roberto Apéstigue Oreja. PFC Universidad Carlos III de Madrid.
- [3] DISEÑO GLOBAL DE ARQUITECTURA Y HW DE ROBOSOCER SSL. Jesús Emilio Fernández de Frutos. PFC Universidad Carlos III de Madrid.
- [4] DESARROLLO DE UNA PLATAFORMA HARDWARE PARA LA ROBOCUP SMALL SOCCER LEAGUE (SSL). Francisco Javier Bermejo Lozoya. PFC Universidad Carlos III de Madrid.
- [5] TEAM DESCRIPTION FOR ROBOCUP 2010. Parsian SSL Team. Amirkabir University Of Technology (Tehran Polytechnic).
- [6] TEAM DESCRIPTION FOR ROBOCUP 2009. Parsian SSL Team. Amirkabir Univiversity Of Technology (Tehran Polytechnic).
- [7] DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LOS ROBOTS F180 DEL ITAM. Edgar David Sotelo Iniesta. Instituto Tecnológico Autónomo De México.
- [8] CURSO DE VERANO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MICRO-ROBOT. Francisco José Rodríguez Urbano. Universidad Carlos III de Madrid.

- [9] <http://www.robocup.org/>
- [10] <http://en.wikipedia.org/wiki/Robocup>
- [11] http://small-size.informatik.uni-bremen.de/_media/rules:ssl-rules-2010.pdf
- [12] <http://www.neoteo.com/irfz44n-el-mos-fet-de-batalla-para-pwm.neo>
- [13] http://en.wikipedia.org/wiki/Pulse-width_modulation
- [14] <http://www.alldatasheet.com/>
- [15] ELECTRONICA DE POTENCIA, APLICACIONES DE LA
CONVERSION CC-CC. Antonio Nachez. Universidad Nacional de Rosario.

Todos los enlaces de internet han sido comprobados a fecha: 20-10-10





CAPÍTULO 7

7. REGLAS

7. Reglas:

Para poder hacerse una idea del proyecto es necesario hacer una breve descripción de lo que será el sistema completo y es necesario conocer cuáles son las reglas, limitaciones, etc. que se imponen para ubicarse en el contexto y entender mejor el por qué de cada subsistema [9]. Se describirán por tanto las reglas de juego ya que nos marca las restricciones a la hora del diseño y en el transcurso de un partido y por tanto son determinantes en el diseño global del sistema.

LEY 1 - El terreno de juego
LEY 2 - El balón
LEY 3 - El número de robots
LEY 4 - El equipo de robótica
LEY 5 - El árbitro
LEY 6 - El árbitro asistente
LEY 7 - La duración del partido
LEY 8 - El inicio y la reanudación de juego
LEY 9 - El balón en juego y parado
LEY 10 - El método de puntuación
LEY 11 - Fuera de juego
LEY 12 - Faltas y conducta antideportiva
LEY 13 - Tiros libres
LEY 14 - El tiro de penalti
LEY 15 - El saque de banda
LEY 16 - El saque de puerta
LEY 17 – El saque de esquina
Apéndice A - Reglas de Competencia
Apéndice B – Expertos en Visión

Notas

Masculino y Femenino

Las referencias al género masculino en las leyes con respecto a los árbitros, árbitros asistentes, el equipo y los miembros y funcionarios, se aplican por simplificación y se aplican tanto a hombres y mujeres.

7.1. LEY 1 - EL TERRENO DE JUEGO

Dimensiones

El campo de juego debe ser rectangular. Las dimensiones incluyen las líneas de contorno.

Longitud: 6050mm

Anchura: 4050mm

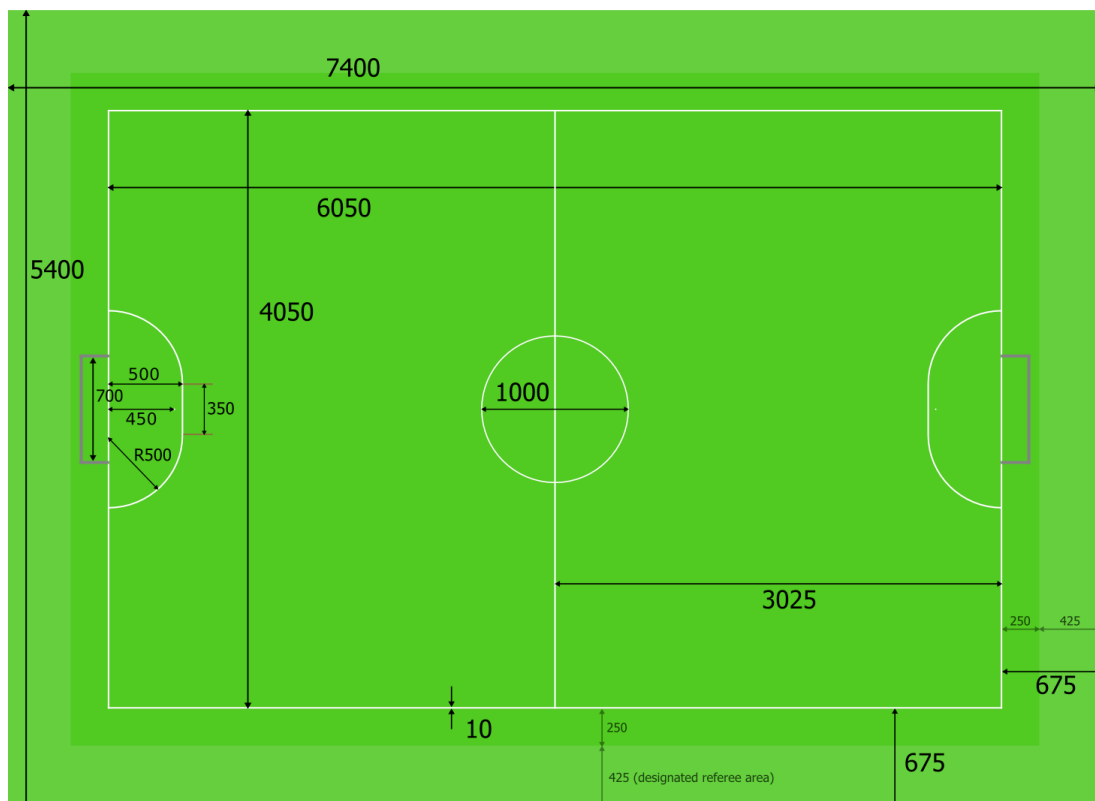


Figura 5.1. Dimensiones del campo de juego.

La superficie del campo

La superficie de juego es de color verde, de fieltro o moqueta. El suelo debajo de la alfombra debe estar nivelada, plana y dura.

La superficie del campo se aumentará 675 mm más allá de las líneas fronterizas por todo el contorno. Los 425mm del exterior de esta zona de escape se utilizan para el paso a pie del árbitro designado a esta la zona (véase la Ley 5). En el borde de la superficie del campo, una pared de 100 mm de altura impedirá que la pelota y los robots salgan fuera del borde exterior.

Campo de Marcas

El campo de juego está marcado con líneas. Las líneas pertenecen a las áreas, de las que son las fronteras.

Los dos lados más largos se llaman los límites de contacto (las bandas). Los dos lados más cortos se llaman límites de gol.

Todas las líneas son de 10 mm de ancho y pintado de blanco.

El campo de juego se divide en dos mitades por una línea en mitad del campo.

La marca de centro se indica en el punto medio de la línea del centro. Un círculo con un diámetro de 1000mm se caracteriza a su alrededor.

El Área de Defensa

Un área de la defensa se define en cada extremo del campo de la siguiente manera:

Dos cuartos de círculo con un radio de 500mm se dibujan en el terreno de juego. Estos cuartos de círculo están conectados por una línea paralela a la línea de meta. La configuración exacta se muestra en la figura 2.1.

La zona delimitada por este arco y la línea de meta es el área de defensa.

Punto de penalti

Dentro de cada área de la defensa se marca un punto de penalti que se sitúa a 450 mm desde el punto medio entre los postes y equidistante a ellos. La marca es un círculo de 10 mm de diámetro de pintura blanca.

Porterías

Las porterías deben ser puestas en el centro de cada límite de gol.

Constan de dos paredes laterales verticales de 160mm, unidas por la detrás por una pared vertical de 160 mm.

La cara interna de la meta tiene que ser cubierta con un material absorbente de energía como la espuma para ayudar a absorber los impactos de las bolas y disminuir la velocidad de las desviaciones. Respecto a las porterías, las paredes, los bordes, y las tapas son de color blanco.

Hay una barra redonda de acero con forma de cruz que recorre la parte superior de la portería y está dispuesta en paralelo a la línea de meta. No tiene de más de 10mm de diámetro, pero es lo suficientemente fuerte para desviar el balón. La parte inferior de la

barra está a 155mm de la superficie del campo, la barra es de color oscuro para reducir al mínimo la interferencia con los sistemas de visión. La parte superior de la meta está cubierta por una red fina para evitar que la bola pueda entrar en la portería desde arriba. Se sujeta de forma segura a la barra y las paredes de la portería.

La distancia entre las paredes laterales es de 700mm. La meta es de 180mm de profundidad. La distancia desde el borde inferior del larguero a la superficie de juego es de 150mm.

El piso interior de la portería es el mismo que el resto de la superficie de juego.

Las paredes de la portería son de 20mm de espesor.

Las porterías deben estar ancladas firmemente a la superficie de terreno.

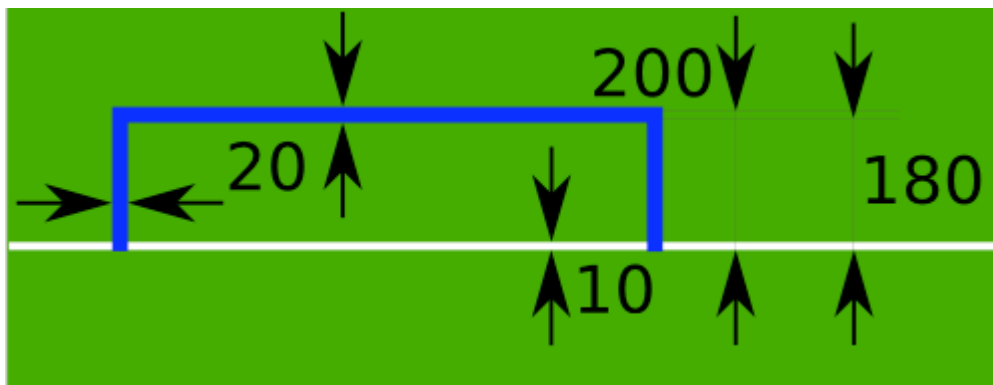


Figura 5.2. Portería en detalle.

Equipo para montaje de las cámaras.

La barra de montaje tendrá de 4 m de longitud sobre el terreno. La barra se coloca por encima de la línea media del campo de meta a meta. La barra debe montarse de forma segura para que no se descuelgue bajo una fuerza externa pequeña, y no debe doblarse o torsionarse de manera significativa cuando el peso del equipo de vídeo sea añadido.

Sistema de visión compartida

Cada campo está provisto de un sistema centralizado de visión compartida y un conjunto de cámaras compartidas. Este equipo de visión compartida utiliza el software “SSL-Vision” para comunicar los datos de localización a los equipos vía Ethernet en formato paquete que será anunciado por los desarrolladores del sistema compartido de visión antes de la competición. Los equipos tendrán que asegurarse de que sus sistemas son compatibles con la salida del sistema compartido de visión y de que sus sistemas son capaces de manejar las propiedades típicas de los datos de sensorización del mundo real proporcionados por el sistema de visión compartida (incluyendo ruido, retraso, o detecciones ocasionales fallidas y errores de clasificación).

Además del equipo de visión compartida, los equipos NO pueden montar sus propias cámaras u otros sensores externos, a menos que sean específicamente anunciados o permitidos por los respectivos organizadores de la competición.



El sistema de visión compartida en cada campo está bajo mantenimiento de uno o más expertos de visión. El proceso de selección de estos expertos será comunicado por los organizadores de la competición. El Apéndice B describe las labores de los expertos de visión.

Decisiones del Comité Técnico de la Liga Small Size

Decisión 1

El comité organizador local, debe procurar proporcionar uniformes, las condiciones de luz difusa de la aproximadamente 500 LUX o más brillante. No se utilizará un equipo especial de iluminación especial para proporcionar estas condiciones. El brillo no está garantizado ni se espera que esté completamente uniforme a través de la superficie del campo. Se espera que los equipos sean autosuficientes para hacer frente a las variaciones que se produzcan cuando se utiliza la iluminación ambiente. El comité organizador dará a conocer detalles de la iluminación de acuerdo a la competencia tan pronto como sea posible.

Decisión 2

Ningún tipo de publicidad comercial, ya sea real o virtual, está permitido en el terreno de juego y el equipo de campo (incluidas las redes y las áreas que delimitan) desde el momento en que los equipos entran en el terreno de juego hasta el descanso y desde éste hasta el momento en que vuelven a entrar en el terreno de juego hasta el final del partido. En particular, ningún material de publicidad de cualquier tipo puede aparecer dentro de los objetivos o las paredes. Los equipos ajenos (cámaras, micrófonos, etc.) también se ajustaran a estas normas.

Decisión 3

El color específico y la textura de la superficie no se especifican y puede variar de una competencia a otra (como los campos de fútbol reales pueden variar). La superficie por debajo de la alfombra será nivelada y dura. Ejemplos de las superficies aprobadas incluyen: cemento, linóleo, pisos de madera, madera contrachapada, mesas de ping-pong y tableros de partículas, moqueta o superficies acolchadas no están permitidas. Todo el esfuerzo será hecho para asegurar que la superficie sea plana, sin embargo, corresponde a los equipos individuales el diseño de sus robots para hacer frente a la ligera curvatura de la superficie.

7.2. LEY 2 - EL BALÓN

Calidades y Medidas

La pelota es una pelota de golf estándar de color naranja. Esta será:

- esférica
- de color naranja
- de aproximadamente 46 g de la masa
- de aproximadamente 43 mm de diámetro

Sustitución de una pelota defectuosa

Si el balón se vuelve defectuoso durante el transcurso de un partido:

- el partido se detiene
- el partido se reanuda mediante la colocación de la bola de sustitución en el lugar donde la primera bola se convirtió en defectuosa.

El balón no puede ser cambiado durante el partido sin la autorización del árbitro.

7.3. LEY 3 – EL NÚMERO DE ROBOTS

Robots

Un partido se juega con dos equipos, cada uno compuesto de no más de cinco robots, uno de los cuales deberá ser el portero. Cada robot debe ser claramente numerado de modo que el árbitro puede identificarlo durante el partido. El portero debe ser designado antes del comienzo del partido. Un partido no puede comenzar a menos que ambos equipos designen antes un portero.

Intercambio

Los robots pueden ser intercambiados. No hay límite en el número de intercambios.

Procedimiento de intercambio

Para el intercambio de un robot, las siguientes condiciones deben ser observadas:

- intercambio sólo puede hacerse durante una interrupción del juego.
- el árbitro ha sido informado antes de que el intercambio se haga.
- el robot de intercambio entra el campo de juego después de que el robot a sustituir ha sido eliminado.
- El robot intercambiado entra en el campo de juego en la línea del centro.



Cambiar el portero

Cualquiera de los otros robots pueden cambiar de lugar con el portero, siempre que:

- el árbitro esté informado antes de efectuarse la modificación.
- el cambio se realiza durante una interrupción en el partido.

Robots Expulsados

Un robot que ha sido expulsado se puede intercambiar por otro robot que sale del campo.

Las decisiones del Comité Técnico F180

Decisión 1

Cada equipo debe tener un único controlador de robot encargado de realizar el intercambio y del robot cuando sea necesario. No hay otros miembros del equipo que puedan invadir el área que rodean el campo. El movimiento de los robots por el controlador no está permitido.

7.4. LEY 4 - EL EQUIPO DE ROBÓTICA

Seguridad

Un robot no debe tener nada en su construcción, que sea peligroso para sí mismo, otro robot o para los mismos seres humanos.

Forma

El robot debe entrar en un cilindro de 180mm de diámetro y tener una altura de 150mm o menor. Adicionalmente, la parte superior de robot debe aferrarse al tamaño y forma del Patrón Estándar como se describe más abajo en esta misma Ley.

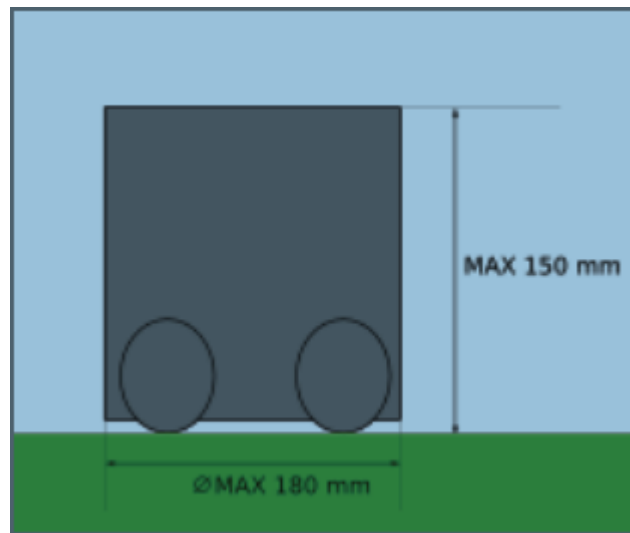


Figura 5.3. Dimensiones máximas robot.

Los colores y marcadores

Antes de que un partido, cada uno de los dos equipos tiene un color asignado, es decir, amarillo o azul. Cada equipo debe ser capaz de usar marcadores de color amarillo y azul. Marcas circulares del color asignado deben ser puestas en la parte superior de los robots. El centro de la marca debe estar ubicado en el centro visual del robot cuando se ve desde arriba. Los marcadores deben tener un diámetro de 50 mm.

Los robots podrán utilizar colores en blanco y negro sin ninguna restricción. Los robots también pueden utilizar marcas de color verde claro, rosa y cian.

Locomoción

Las ruedas del Robot (u otras superficies que entren en contacto con la superficie de juego) deben ser hechas de un material que no dañe la superficie de juego.

Comunicación inalámbrica

Los robots pueden utilizar la comunicación inalámbrica con las computadoras o las redes situadas fuera del campo.

Color del equipo

Antes del partido, a cada uno de los dos equipos se le asignará un color, siendo amarillo o azul. Todos los equipos tienen que ser capaces de ser de color amarillo y azul. El color de equipo asignado es usado como la marca central de todos los robots del equipo. El layout detallado del marcador está descrito en la siguiente sección “Patrón Estándar”.

Patrón estándar

Todos los equipos participantes deben llevar la pegatina dada según los requerimientos de operación del sistema de visión compartida (ver Ley 1). En concreto, los equipos deben usar un determinado conjunto de colores y patrones estandarizados en la parte superior de su robot.

Para asegurar la compatibilidad con los patrones estandarizados del sistema compartido de visión, todos los equipos deben asegurarse de que todos sus robots tienen una superficie plana en su parte superior con espacio suficiente disponible. El color de la parte superior del robot será de color negro o gris oscuro y tener un acabado mate (no brillante) para reducir los deslumbramientos. El patrón estándar del SSL-Vision está garantizado para reconocer un círculo de 85mm de radio que cortará la parte frontal del robot a una distancia de 55mm desde el centro, como se muestra en la Figura 2.4. Los equipos deben asegurarse de que la parte superior de su robot cabe perfectamente en esta área.

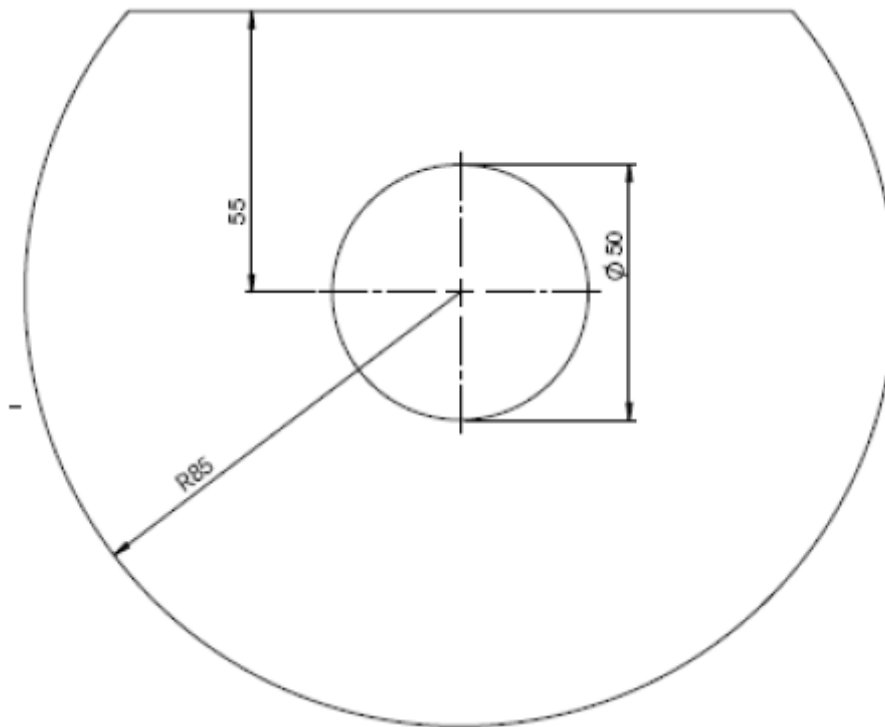


Figura 5.4. Área mínima superior del robot.

El patrón estándar que se usará por todos los equipos en el RoboCup 2010 se muestra en la Figura 2.5. Nota, los organizadores se reservan el derecho de cambiar el patrón en cualquier momento, si fuese necesario. Los equipos deben, por consiguiente, asegurarse de que todavía se mantiene conforme al tamaño de la parte superior del área estandarizado como se representa en la Figura 2.5.

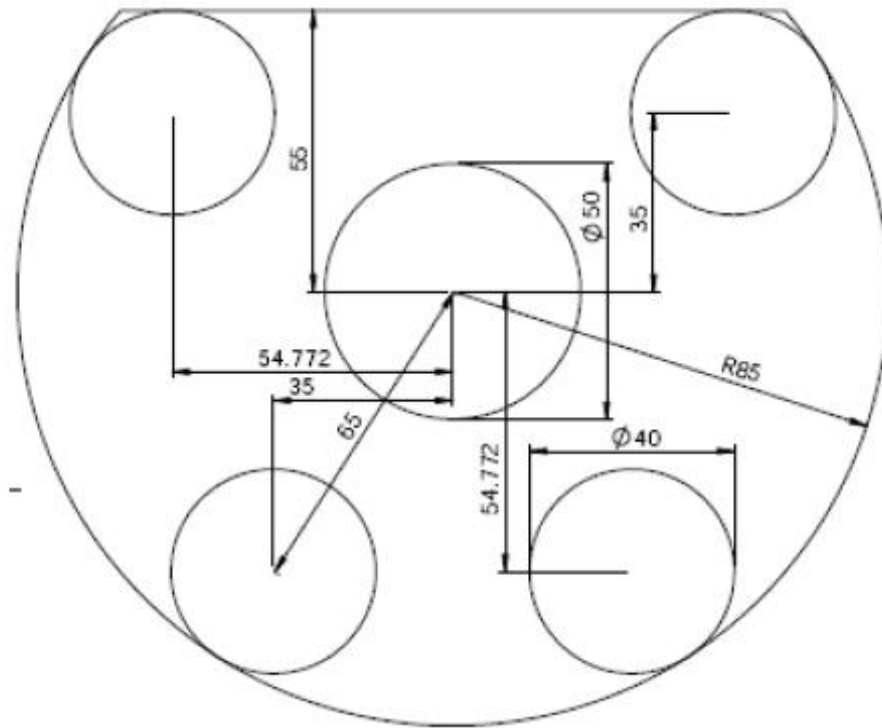


Figura 5.5. Patrón estándar para RoboCup 2010.

Cada robot debe utilizar el patrón estandarizado con una única combinación de colores seleccionada desde el conjunto estandarizado entre las posibles combinaciones de colores. No puede haber dos robots que usen la misma combinación de colores. El color del punto central determina el equipo y su color será o azul o amarillo.

El papel de colores estandarizado o cartulina con los colores requeridos será dado en la competición. El conjunto legal de asignaciones de colores se muestra en la Figura 2.6. Nota, los organizadores se reservan el derecho de cambiar esta asignación de colores en cualquier momento en caso de ser necesario.

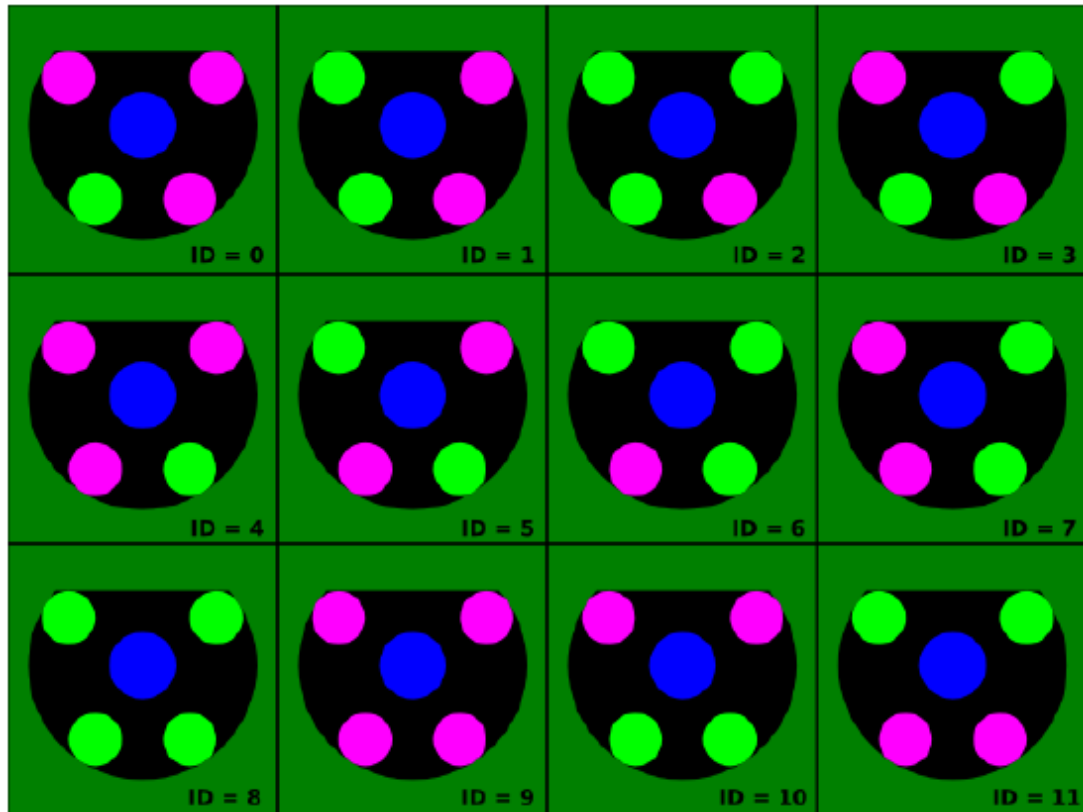


Figura 5.6. Asignaciones del color estándar para RoboCup 2010.

Se recomienda a los equipos seleccionar la asignación de colores con ID 0-7 ya que se ha comprobado experimentalmente que son más estables, así como que no hay riesgo de que los dos puntos de la parte trasera “se confundan” con los otros.

Visión Global del Sistema

El uso de un sistema de visión global o de sistemas externos de visión distribuidos son permitidos, pero no necesarios para identificar y rastrear la posición de los robots y la pelota. Esto se logra mediante el uso de una o más cámaras. Las cámaras no pueden sobresalir más de 150mm por debajo de la parte inferior del montaje suministrado por el campo. (Ley 1).

Autonomía

El equipo de robots será plenamente autónomo. Las operaciones humanas están permitidas, no se permite introducir información en el equipo durante un partido, excepto en el descanso o durante un tiempo de espera.

Regateo

Los dispositivos que ejercen activamente un movimiento en la bola, para mantener la bola en contacto con el robot, se permiten bajo ciertas condiciones. El giro ejercido sobre la bola debe ser perpendicular al plano del campo. No se permiten dispositivos verticales o parcialmente verticales para mantener la bola en contacto con el robot en los lados del mismo. El uso de dispositivos de regateo también está restringido por la Ley 12, libre indirecto.

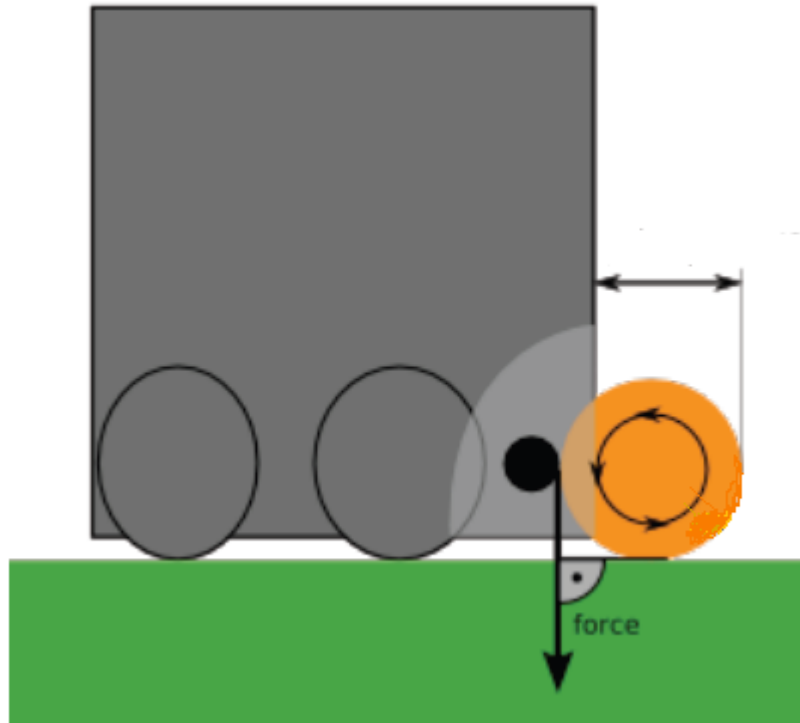


Figura 5.7. Sistema de regateo.

Infracciones / Sanciones

Para cualquier infracción de la presente Ley:

- el juego no necesita ser detenido.
- el robot infractor es instado por el árbitro a abandonar el terreno de juego para corregir su equipo.
- el robot deja el campo de juego cuando la pelota deja de estar en juego.
- ningún robot obligado a abandonar el terreno de juego para corregir su equipo no vuelve a entrar sin el permiso del árbitro.
- el árbitro comprueba que el equipo del robot es correcto antes de permitir que vuelva a entrar en el terreno de juego.
- al robot sólo se le permite volver a entrar en el terreno de juego cuando el balón está parado.
- un robot que ha sido obligado a abandonar el terreno de juego debido a una infracción de la presente ley y que entra (o vuelve a entrar) al terreno de juego sin el permiso del árbitro es amonestado y se le muestra la tarjeta amarilla.

Reanudación del juego

Si el juego es detenido por el árbitro debido a que se hace necesario toma alguna precaución:

- el partido se reanudará con un tiro libre indirecto a lanzar por un robot de la parte contraria, desde el lugar donde se encontraba el balón cuando el árbitro detuvo el partido.

Decisiones del Comité Técnico de la Liga Small Size

Decisión 1

Los participantes que utilizan las comunicaciones inalámbricas notificarán al comité organizador local el método de comunicación inalámbrica, potencia y frecuencia. El comité organizador local será notificado de cualquier cambio después de la inscripción tan pronto como sea posible.

Con el fin de evitar la interferencia, un equipo debe ser capaz de seleccionar entre dos frecuencias portadoras antes del partido. El tipo de comunicación inalámbrica se ajustará a las normas legales del país donde se celebre la competición. El cumplimiento de las leyes locales es responsabilidad de los equipos que compiten, no de la Federación RoboCup. El tipo de comunicación inalámbrica puede también ser restringido por el comité organizador local. El comité de organización local dará a conocer cualquier restricción a la comunidad lo antes posible.

Decisión 2

- No permitir los dispositivos está permitido.

Decisión 3

Puntas de metal y Velcro está específicamente prohibido con el propósito de la locomoción.

Decisión 4

La comunicación inalámbrica Bluetooth no está permitida.

Decisión 5

Los colores oficiales serán proporcionados por el comité organizador. Los equipos deben usar los colores oficiales a menos que ambos equipos no estén de acuerdo.

Decisión 6

Adhesivos, como pegamento o cinta no puede ser utilizado con fines de control del balón o para construir dribladores (sistemas de regateo). El uso de dispositivos que utilizan por ejemplo un adhesivo para adherir la pelota a un robot se consideran una violación de la Regla 12, Decisión 4, por "la eliminación de todos los grados de libertad de la pelota". Además, el uso de adhesivos para cualquier propósito en el robot que provoque residuos sobre el balón o el campo, se considera como daño y son sancionados según la Ley 12.

Decisión 7

Un chequeo de las normas se realiza en todos los robots en la competición antes del primer partido. Si algún componente de cualquier robot se considera que infringe una norma debe ser modificado para ser compatible antes de que pueda participar en los partidos.

7.5. LEY 5 - EL ÁRBITRO

La autoridad del árbitro

Cada partido es controlado por un árbitro que tiene plena autoridad para hacer cumplir las Reglas de Juego en relación con el partido para el que ha sido nombrado.

Atribuciones y Deberes

El árbitro:

- Hace cumplir las Leyes del Juego y controla el partido en cooperación con los árbitros asistentes.
- Se asegura de que cualquier pelota utilizada cumpla los requisitos de la Ley 2.
- Asegura que el equipo de robótica cumple con los requisitos de la Ley 4
- Informa a los árbitros asistentes de cuando comienzan y terminan los períodos de tiempo, de conformidad con la Ley 7.
- Se detiene, suspende o termina el partido, a su discreción, por cualquier infracción de las leyes.
- Se detiene, suspende o termina el partido debido a interferencias externas de cualquier clase.
- Se detiene el partido si, en su opinión, un robot es probable que cause daños graves a los seres humanos, otros robots o a sí mismo y asegura que se retira del terreno de juego.
- Colocar la bola en una posición neutral, si se queda atrapada durante el juego.
- Permite que el juego continúe si el equipo contra el que se ha cometido una falta se beneficia de tal ventaja y penaliza la falta original si no se produce dicha ventaja en ese momento.



- Castiga con la pena máxima cuando un robot comete más de una falta en el mismo tiempo.
- Toma medidas disciplinarias contra los robots infractores y puede expulsarlos. No está obligado a tomar esta medida inmediatamente, pero debe hacerlo cuando la pelota sale del terreno de juego.
- Toma medidas contra los responsables del equipo que no se comporten de una manera responsable puede a su discreción, expulsarlos del terreno de juego y sus alrededores inmediatos.
- Actúa con el asesoramiento de los árbitros asistentes en relación con incidentes que no ha visto
- Garantiza que ninguna persona no autorizada invada el terreno de juego.
- Reanudará el partido después de haber sido detenido.
- Proporciona al comité técnico de un informe del partido que incluye información sobre cualquier acción disciplinaria tomada contra los equipos y cualquier otro incidente ocurrido antes, durante o después del partido.
- Compruebe el estado del sistema de visión compartida con el/los experto(s) en visión (ver Apéndice B) antes de cada partido.
- Consiga confirmación del Experto(s) en visión de que ambos equipos reciben los datos de localización del sistema compartido de visión correcta y exactamente.
- Para el juego cuando el/los Experto(s) en visión lo digan durante un partido y deje que el/los Experto(s) en visión diagnostiquen y arreglen el problema. Si el/los Experto(s) en visión confirman que el problema está resuelto entonces el juego será reanudado inmediatamente.

Decisiones del árbitro

Las decisiones del árbitro sobre hechos relacionados con el partido son determinantes.

El árbitro sólo puede cambiar una decisión al darse cuenta de que es incorrecta o, a su discreción, debido al consejo de un árbitro asistente, siempre que no haya reanudado el juego.

Equipo de señalización del Árbitro

El dispositivo necesario se suministra para convertir las señales del árbitro en serie y Ethernet. Las señales de comunicación se transmiten a ambos equipos. Los equipos serán operados por el árbitro asistente. Los detalles del equipamiento serán suministrados por la organización local de Comité antes de la competición.

Señales del Árbitro

Durante un partido, el árbitro de la señal de inicio y fin del juego en la forma habitual. El árbitro asistente enviará señales que reflejarán las decisiones del árbitro a cada uno de los equipos. Ninguna interpretación de las señales del árbitro por los operadores humanos está permitida.

La señal del silbato indica que el árbitro ha parado el juego, y que todos los robots deben separarse 500mm de la pelota para que el árbitro pueda colocar el balón para reiniciar el sistema. Todos los robots tienen la obligación de 500mm de la bola mientras esta se mueve a la posición de reiniciar.

Cuando se produce un gol (Ley 10), o una precaución o se produce una salida de la pelota del campo de juego (Ley 12), una señal de información es enviada a los equipos para indicar la decisión del árbitro.

El tipo de señal de reinicio indicará el tipo de reinicio.

Los robots deben moverse a posiciones legales a la recepción de esta señal. Para reiniciar otras acciones que no sean un saque inicial (Ley 8) o un penalti (Ley 14), el robot que saque puede patear el balón cuando esté listo, sin esperar más señales del árbitro.

Para un saque inicial (Ley 8), o un penalti (Ley 14), una señal de arranque será enviada para indicar que el Robot que lance puede proceder. Esta señal será distinta a otros tipos de señales de reinicio del juego.

Señales que indiquen los períodos de tiempo de espera y el tiempo perdido también se enviará cuando sea necesario.

Se considerará que el árbitro ha dado una señal cuando el árbitro asistente envíe esta señal a los equipos mediante las comunicaciones.

Decisiones del Comité Técnico de la Liga Small Size

Decisión 1

El árbitro (o en su caso, un árbitro asistente) no es responsable de:

- cualquier tipo de perjuicio sufrido por un componente del equipo o un espectador
- cualquier daño a la propiedad de cualquier tipo.
- cualquier otra pérdida sufrida por cualquier persona, club, empresa, asociación u otro organismo, que es debido o que puede ser debido a cualquier decisión que se tome en virtud de los términos de las leyes del juego o en el caso de los procedimientos normales requeridos para conservar, reproducir y controlar un partido.
- Esto puede incluir:
- La decisión de que la condición del terreno de juego o sus alrededores son tales como para permitir o no a la permitir que un partido que tenga lugar.
- la decisión de abandonar un partido por cualquier razón.
- una decisión en cuanto a la condición de los accesorios o equipos utilizados durante un partido como el campo y la pelota.
- la decisión de detener o no detener a un partido debido a la interferencia del espectador o cualquier problema en el área de los espectadores.
- la decisión de detener o no detener el juego para permitir que un robot dañado pueda ser eliminado del campo de la jugar para su reparación.

- la decisión de solicitar o insistir en que un robot dañado se retire del terreno de juego para su reparación.
- la decisión de permitir o no permitir a un robot ciertos colores.
- La decisión (en la medida en que esta puede ser su responsabilidad) para permitir o no permitir a las personas (incluyendo el equipo o funcionarios del estadio, oficiales de seguridad, fotógrafos u otros medios, representantes, etc.) para estar presentes en las inmediaciones del campo de juego
- de cualquier otra decisión que pueda tomar de acuerdo con las Reglas de Juego o de conformidad con sus obligaciones bajo los términos de la Federación RoboCup o las normas o regulaciones bajo las cuales se juega el partido.

Decisión 2

Los hechos relacionados con el partido serán incluidos tanto si se marca un gol o no, así como el resultado del encuentro.

Decisión 3

El árbitro debe usar un bastón negro, o algún otro dispositivo al reposicionamiento de la bola para reducir el riesgo de interferencias con los sistemas de visión.

Decisión 4

El árbitro podrá ser asistido por árbitros autónomos proporcionados por uno o ambos de los equipos que compiten, si ambos equipos están de acuerdo.

La región externa de la superficie del campo que es más allá de 250mm de distancia de la línea divisoria es utilizada como zona de paseo designado por el árbitro y/o el árbitro asistente durante el juego.

Los equipos deben controlar a sus robots para permanecer fuera de esta zona para no interferir con los árbitros.

Los árbitros no son responsables de cualquier obstrucción a los robots o sistemas de visión dentro de esta área.

Sin embargo, los árbitros deberán llevar ropa y zapatos que no contienen ningún color reservado para la bola o los marcadores de los robots.

7.6. LEY 6 - EL ÁRBITRO ASISTENTE

Deberes

El árbitro asistente nombrado, con sujeción a la decisión del árbitro, tiene las siguientes obligaciones:

- actuar como cronometrador y llevar un registro del partido.
- operar el equipo de comunicaciones para transmitir las señales del árbitro sobre los enlaces de comunicaciones.
- supervisar a los operadores de robots para evitar que señales ilegales sean enviadas a los robots.
- indicar cuándo se solicita un intercambio.
- indicar cuando una mala conducta o cualquier otro incidente se ha producido fuera de la vista del árbitro.
- indicar cuándo se comete una si los asistentes se acercan más a la acción que el árbitro (esto incluye, en determinadas circunstancias, las faltas cometidos en la defensa del área)
- indicar si, en los penaltis, el guardameta se ha movido hacia delante antes de que el balón ha sido golpeado y si el balón ha cruzado la línea de meta.

Asistencia

Los árbitros asistentes también ayudan al árbitro a controlar el partido, de conformidad con las Leyes de del juego. En el caso de una interferencia indebida o conducta incorrecta, el árbitro dará liberar a un árbitro asistente de sus funciones y para un informe para comité organizador.

Decisión 1

Un segundo árbitro asistente se utilizará siempre que sea posible. El árbitro asistente de segunda ayuda al árbitro en la colocación del balón en el campo, así como ayuda a vigilar el cumplimiento de todas las leyes y procedimientos.

7.7. LEY 7 - LA DURACIÓN DEL PARTIDO

Períodos de juego

El partido tiene dos periodos iguales de 10 minutos, salvo mutuo acuerdo el árbitro y los dos equipos. Cualquier acuerdo para alterar los períodos de juego (por ejemplo, para reducir cada mitad a 7 minutos a causa de un horario limitado) debe hacerse antes el inicio del juego y deben cumplir con las normas de competencia.

Intermedio

Los equipos tienen derecho a un intermedio a mitad del tiempo medio de un intervalo que no deberá exceder de 5 minutos.

Las normas de competencia deben indicar la duración del intermedio o descanso. La duración del descanso puede ser modificado únicamente con el consentimiento de ambos equipos y el árbitro.

Tiempos de espera

A cada equipo se le otorga cuatro tiempos de espera al comienzo del partido. Se permite un total de 5 minutos para todos los tiempos de espera. Por ejemplo, un equipo puede tomar tres tiempos de espera de un minuto de duración y, posteriormente, sólo tienen un tiempo de espera de hasta dos minutos de duración. Los tiempos de espera sólo pueden ser consumidos durante una interrupción del juego. El tiempo es controlado y registrado por el árbitro asistente.

Indemnización por el tiempo perdido

Se tiene en cuenta cualquier período de tiempo perdido para todos a través de: evaluación de los daños a los robots, la eliminación de los robots dañados en el terreno de juego y cualquier otra causa que suponga la pérdida de tiempo.

La indemnización por el tiempo perdido es a discreción del árbitro.

Tiempo Extra

Las normas de competencia podrán prever dos tiempos suplementarios iguales a jugar. Las condiciones de la Ley 8 serán aplicadas.

Abandonar el partido

Un partido abandonado se repite a menos que las normas de competencia dispongan otra cosa.

Decisiones del Comité Técnico de la Liga Small Size

Decisión 1

El comité organizador local hará todo lo posible para proporcionar acceso a los equipos de la competición al menos dos horas antes del inicio de la competición. También se esforzará por permitir al menos una hora de tiempo de configuración antes de cada partido. Los participantes deben ser conscientes, sin embargo, que puede ocurrir que este tiempo no se pueda proporcionar.



Decisión 2

Dentro de estas reglas, el término "interrupción del juego" se usa para describir los momentos en que el modo de juego se encuentra en un estado detenido. El juego no se considera parado si los robots se detienen cuando se les permite golpear la pelota.

7.8. LEY 8 - INICIO Y REANUDACIÓN DEL JUEGO

Preliminares

Si ambos equipos tienen una frecuencia preferida común para las comunicaciones inalámbricas, el comité organizador local asignará la frecuencia para la primera mitad del partido. Si ambos equipos tienen un color preferido común, el comité organizador local asignará el color de la primera la mitad del partido.

Se lanza una moneda y el equipo que gane el sorteo decidirá qué meta atacará en la primera la mitad del partido.

El otro equipo toma realiza el saque para comenzar el partido.

El equipo que gane el sorteo tiene el saque inicial para comenzar la segunda mitad del partido.

En la segunda mitad del partido, los equipos cambian de campo.

Si los equipos no están de acuerdo para cambiar campos, pueden permanecer en los mismos que el primer tiempo con el consentimiento del árbitro.

Si ambos equipos tienen una frecuencia común predefinida para las comunicaciones inalámbricas, los equipos deberían cambiar la asignación de esa frecuencia para la segunda mitad del partido. Los equipos pueden acordar no cambiar la asignación de la frecuencia predefinida para la segunda mitad del encuentro con el consentimiento del árbitro.

Si ambos equipos tienen una marca común de color preferido, los equipos deben cambiar los colores de marcado en la segunda mitad del partido. Si lo equipos no están de acuerdo para cambiar la marca de colores, no la cambiarán el consentimiento del árbitro.

Saque desde el centro del campo

Un saque desde el centro del campo es una forma de iniciar o reiniciar el juego:

- en el inicio del partido.
- después de que un gol haya sido anotado.
- al comienzo de la segunda mitad del partido.
- al comienzo de cada período de tiempo adicional, cuando proceda.

Un gol puede ser anotado directamente desde el saque inicial.

Procedimiento

- todos los robots se encuentran en su propia mitad del campo.
- los oponentes del equipo que toman el pistolazo de salida están por lo menos a 500mm de la bola hasta que el balón esta en el juego.
- el balón está parado en el centro del campo hasta que el árbitro da la señal de saque.
- la pelota está en juego cuando es pateado y se mueve hacia delante.
- el lazador no podrá toca el balón por segunda vez hasta que haya tocado a otro robot.

Después de que un equipo anota un gol, el pistolazo de salida es tomado por el otro equipo.

Infracciones / Sanciones

Toda infracción que se enumeran en la Ley 9 se tratará en consonancia.

Para cualquier otra infracción de los saques de salida el procedimiento será:

- el pistolazo de salida se repite.

Situando la pelota

Es necesario colocar la pelota, por parte del árbitro, tras un paro temporal para reanudar el partido, mientras la bola está en juego, por cualquier razón no mencionada en otras partes de las leyes del juego.

Procedimiento

Es necesario colocar la pelota, por parte del árbitro, tras un paro temporal para reanudar el partido, mientras la bola está en juego, por cualquier razón no mencionada en otras partes de las leyes del juego.

Infracciones / Sanciones

La pelota se coloca de nuevo:

- si un robot está a menos de 500 mm de la pelota antes de que el árbitro de la señal.

Circunstancias especiales

Un tiro libre concedido al equipo defensor dentro de su propia área de defensa se realiza desde la posición de tiro cercana a donde se produjo la infracción, elegida por el propio equipo.



Un tiro libre concedido al equipo atacante en el área de defensa de sus oponentes es lazado desde la posición legal predefinida de tiro libre más cercana al lugar donde se produjo la infracción.

Una pelota que esté en condiciones de reiniciar el partido después de que la jugada ha sido detenida temporalmente en el interior de la zona defensiva se coloca sobre la posición legal de tiro libre más cercana a donde se encontraba el balón cuando la jugada se detuvo.

7.9. LEY 9 - EL BALÓN EN JUEGO Y PARADO

Balón parado

La pelota está parada cuando:

- ha cruzado los límites del campo sea por el suelo o por el aire.
- el juego ha sido detenido por una señal del árbitro.

Cuando la bola sale fuera de juego, los robots deben seguir estando a 500 mm de la bola mientras ésta se coloca, hasta que la señal de reinicio es dada por el árbitro.

Balón en juego

La pelota está en juego en cualquier otro momento.

Infracciones / Sanciones

Si, en el momento en que el balón entra en juego, un miembro del equipo que saca esta a una distancia inferior de 200mm de la zona de defensa del oponente:

- si un tiro libre indirecto se concede al equipo contrario, el tiro se lanzará desde la ubicación en la que se encontraba la pelota cuando se produjo la infracción (véase la Ley 13).

Si, después de que el balón entra en juego, el pateador toca el balón por segunda vez antes de que lo haya tocado a otro robot:

- se concede tiro libre indirecto al equipo contrario, el lanzamiento será desde el lugar donde se produjo la infracción (véase la Ley 13).

Si, después de que el balón entra en juego, el pateador deliberadamente sostiene el balón antes de que lo haya tocado otro robot:

- un tiro libre directo es concedido al equipo contrario, el lanzamiento será desde el lugar donde se produjo la infracción (véase la Ley 13).

Si, después de darse una señal para reiniciar el juego, el balón no entra en juego en 10 segundos, o la falta de progreso indica claramente que la pelota no entrará en juego en 10 segundos:

- el juego se detiene por una señal del árbitro,



- todos los robots tienen que moverse a 500mm de la pelota, y
- se indica un saque neutral.

Decisiones del Comité Técnico de la Liga Small Size

Decisión 1

Para todos los reinicios en que las leyes establecen que la pelota está en juego bien sea golpeándola o regateando, los robots deben claramente hacer lo posible para que ésta se mueva. Se entiende que la pelota puede permanecer en contacto con el robot o ser golpeado por el robot varias veces a corta distancia, pero bajo ninguna circunstancia el robot mantendrá el contacto o se mantendrá tocando la pelota después de haber recorrido una distancia de 50mm, a menos que el balón haya tocado antes a otro robot.

Los robots pueden utilizar los dispositivos de regateo y patada en los saques de las faltas.

Decisión 2

La zona de exclusión de 200mm de la zona de la defensa del oponente se designa para permitir a la defensa de los equipos tomar una posición defensiva contra un lanzamiento sin la interferencia de los oponentes. Este cambio se ha añadido para ayudar a los equipos de defensa contra saques de esquina en los que los equipos usan un “*saque-elevado*” y la pelota pasa directamente a la zona de defensa.

7.10. LEY 10 – MÉTODO DE TANTEO

Puntuación de Gol

Se marca un gol cuando el conjunto de la pelota pasa por encima de la línea de meta, entre las paredes de meta o por debajo del travesaño, sin que se haya cometido una infracción de las reglas de juego con anterioridad por parte del equipo que anotar el gol.

Equipo ganador

El equipo que anota el mayor número de goles durante un partido es el ganador. Si los dos equipos marcan un número igual de goles, o si no marcó ningún gol, el partido se da como empatado.

Las normas de competencia

Para los partidos que terminan en un empate, las normas de competencia podrán estipular un tiempo suplementario, u otro método aprobado por la Federación RoboCup para determinar el ganador del partido.

7.11. LEY 11 - FUERA DE JUEGO

La regla del fuera de juego no se usa en esta competición.

7.12. LEY 12 - FALTAS Y CONDUCTA ANTIDEPORTIVA

Las faltas y la conducta antideportiva se sancionan como sigue:

Tiro libre directo

Un tiro libre directo es concedido al equipo adversario si un robot comete cualquiera de los siguientes cuatro infracciones:

- hacer contacto sustancial con un oponente.
- retener un oponente.
- sostener el balón deliberadamente (excepto para el guardameta dentro de su ámbito de la defensa propia).
- es el segundo robot de la defensa y a la vez ocupa el área de la defensa del equipo de tal forma de afectar sustancialmente el juego.

Un tiro libre se lanza desde donde se cometió la falta.

Tiro de Penalti

Un tiro de penalti se otorga si alguna de las anteriores cuatro infracciones es cometida por un robot dentro del área de defensa propia, independientemente de la posición de la pelota, siempre y cuando ésta esté en juego.

Tiros libres indirectos

Un tiro libre indirecto se concede al equipo contrario si el guardameta, dentro de su propia área defensiva, comete cualquiera de las siguientes infracciones:

- Transcurren más de quince segundos mientras sostiene la pelota antes de liberarla de su posesión.
- tiene el balón de nuevo después de haber sido liberado de su posesión y no lo ha tocado otro robot.

Un tiro libre indirecto además es concedido al equipo adversario si un robot:

- entra en contacto con el portero y el punto de contacto está en el área de defensa.
- conduce el balón a una distancia superior a 500mm
- tocó la pelota de tal manera que la parte superior de la bola alcanza una altura superior a 150mm respecto del suelo y el balón entra en la meta de su oponente, salvo que haya sido tocado previamente por un compañero de equipo, o que manteniéndose en contacto con el suelo alcance dicha altura y entre en la meta de su oponente debido a un rebote.

- patea la pelota de tal manera que supera los 10 m /s de velocidad.
- comete cualquier otra infracción, que no se haya mencionado anteriormente en la Ley 12, por la que se interrumpirá el juego por precaución o para expulsar al robot.

El tiro libre se lanza desde donde se cometió la falta.

Sanciones disciplinarias

Un equipo será amonestado y recibirá la tarjeta amarilla si un robot del comete cualquiera de las siguientes infracciones:

1. es culpable de conducta antideportiva.
2. es culpable de graves y violentos contactos.
3. infringe persistentemente las Reglas de Juego.
4. retrasa la reanudación del juego.
5. no respetar la distancia reglamentaria cuando el juego se reanudará con un saque de meta, saque de esquina o tiro libre.
6. modifica o provoca daños en el campo o pelota.
7. deliberadamente entren o se desplacen dentro de la zona de tránsito del árbitro.

Al recibir una tarjeta amarilla, un robot del equipo penalizado debe mover inmediatamente fuera y ser removido del campo. Después de dos minutos de juego (según lo medido por el árbitro asistente utilizando el tiempo de juego oficial) el robot puede entrar de nuevo en el campo en la próxima parada del juego.

Expulsión de sancionados

Un equipo recibe la tarjeta roja si uno de los robots o el equipo es culpable de un comportamiento antideportivo grave. El número de robots en el equipo se reduce en uno después de cada tarjeta roja.

Decisiones del Comité Técnico de la Liga Small Size

Decisión 1

Contacto importante es el contacto suficiente para desalojar al robot de su orientación actual, posición o movimiento en el caso de que se esté moviendo. Cuando los dos robots se mueven a velocidades similares, y la causa de contacto no es evidente, el árbitro permitirá que el juego continúe. Esta ley está diseñada para proteger a los robots que son lentos o permanecen estacionarios en el momento del contacto, y por tanto deben ser detectados por los sistemas de evasión de obstáculos.

Decisión 2

Las precauciones para evitar contactos graves y violentos son una manera de desalentar a los equipos al ignorar el espíritu del principio de no contacto. Como ejemplos de

infracciones amonestables se incluyen el movimiento incontrolado, las malas evasiones de obstáculos, empujar o girar rápidamente mientras se está junto a un oponente. En un escenario típico, el árbitro podrá advertir al equipo, y se espera que se modifique su sistema a fin de reducir la violencia de su juego. Si el árbitro aún no está satisfecho, dictará una amonestación.

Decisión 3

Un robot que se coloca en el campo, pero claramente no es capaz de moverse, será sancionado por conducta antideportiva.

Decisión 4

Un robot está reteniendo el balón si toma el control total del balón mediante la eliminación de todos sus grados de libertad, por lo general, la fijación de un balón en el cuerpo o rodear un balón con el cuerpo para prevenir el acceso de otros. El 80% de la superficie de la bola cuando se ven desde arriba debe estar fuera de la parte convexa que rodea el robot. Otro robot debe ser capaz de quitar el balón a otro robot que posee la pelota. Esta limitación se aplica también a todos los dispositivos de regateo y patada, incluso si tal infracción es momentánea.

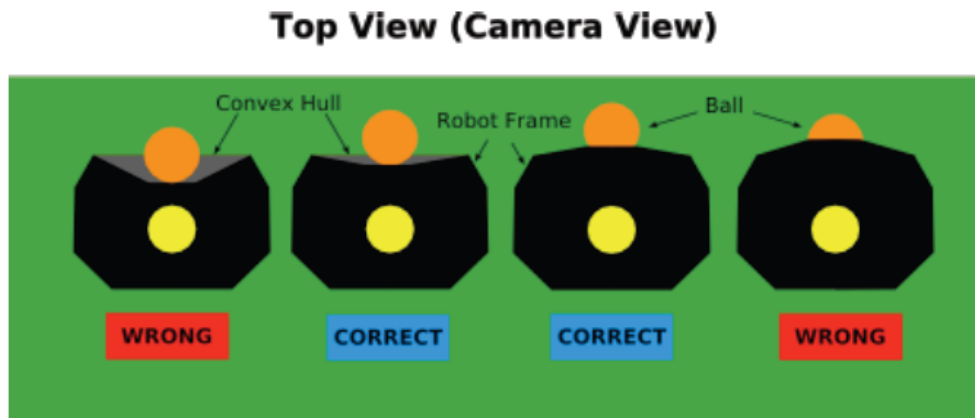


Figura 5.8. Cómo se debe coger la pelota.

Decisión 5

Un robot comienza el regateo cuando tiene contacto con el balón y se detiene el regateo cuando hay una separación observable entre la pelota y el robot.

La restricción de la distancia en el regateo se añadió para evitar que un robot con una mecánica superior pudiera tener un indiscutible control de la pelota en el ataque. La restricción de la distancia, no obstante, permite a los atacantes dar y recibir pases, girar con el balón, y detenerse con la pelota. Los sistemas de regateo se pueden utilizar para regatear a grandes distancias con el balón, siempre y cuando el robot pierda periódicamente la posesión, tales pérdidas pueden ser patear la pelota delante de él como hacen a menudo los jugadores de fútbol humano comité técnico espera que la regla de distancia sea auto-forzada, es decir, que los equipos dispongan de un software

que la cumpla con antelación, y se les pueda pedir una demostración previa a una competición.

Los árbitros, sin embargo, podrán seguir señalando faltas y pueden señalar amonestaciones (tarjeta amarilla) por situaciones de violación sistemática de dicha regla.

Decisión 6

La limitación de velocidad de disparo de la pelota ha sido añadida para prevenir que un robot con un disparo mecánicamente superior tenga demasiada ventaja sobre sus oponentes, o patear la pelota a una velocidad no apta para los espectadores. También se cree que esto ayudará a fomentar el juego en equipo sobre la capacidad de solo robot.

Decisión 7

La norma sobre la subida al marcador cuando el lanzamiento ha sido producido mediante un tiro parabólico o “picado de la pelota”. Esta norma se redacta debido a que en las competiciones anteriores hubo algunas confusiones que se produjeron después de que los robots picaran la pelota y se produjeran goles en propia puerta. Por esta razón, una interpretación estricta de esta regla, es dada aquí:

- Si un robot lanza la pelota picada (no importa a qué altura se desplaza) a un compañero de equipo y la bola posteriormente, entra en propia meta, el tanto se dará como válido para el equipo oponente.
- Si un robot pica pelota por encima de un adversario y el balón, posteriormente entra en la propia meta, después de permanecer por debajo de 150mm de altura todo el tiempo después haber tocado al robot oponente, el equipo oponente también obtiene un tanto.
- Si un robot pica la pelota por encima de un adversario y el balón, posteriormente entra en propia meta después de haber estado por encima de 150mm durante algún tiempo (y no habiendo estado en contacto permanente con el suelo después), después de tocar al robot oponente, el equipo oponente no puntúa.

Decisión 8

La infracción cometida al entrar deliberadamente en la zona de tránsito del árbitro fue añadido para desalentar a los equipos de la conducción de vehículos por esta zona para obtener ventajas tácticas. En particular, debe prevenir que los equipos exploten el hecho de que otros equipos no podrían tener cobertura de visión del árbitro caminando por dicha área. Se entiende que en ocasiones un robot puede entrar en la zona si está fuera de control, o si ha sido empujado a esta área. Estos casos no deben ser considerados infracciones. Sin embargo, la decisión final en cuanto a lo que constituye una violación deliberada del reglamento se deja al árbitro.

7.13. LEY 13 - TIROS LIBRES

Tipos de Tiros Libres

Serán directos o indirectos.

Tanto en los directos como en los indirectos, la bola debe ser parada cuando se comete la falta y el lanzador no puede tocar el balón por segunda vez hasta que lo haya tocado otro robot.

El tiro libre directo

- si un tiro libre entra directamente en la meta del oponente, se concede un gol.
- si un tiro libre entra directamente a gol en propia meta, se concede un gol al equipo oponente.

El tiro libre indirecto

El balón entra en la meta

Se concede un gol solamente si el balón toca posteriormente a otro robot antes de que entre el balón en la portería.

- si un tiro libre indirecto entra directamente en la meta del oponente, se concede un saque de puerta.
- si un tiro libre indirecto entra directamente en la propia meta del equipo, se concede un saque de esquina al equipo contrario.

Procedimiento para los tiros libres

Si el tiro libre se concede dentro del área de defensa, el tiro libre se lanza desde un punto a 600mm de la línea de gol y a 100mm desde la línea de contacto más cercana a donde se produjo la infracción.

Si el tiro libre es concedido al equipo atacante a 700mm de la zona de defensa, la pelota está se traslada al punto más cercano a 700mm desde el área de defensa.

Por el contrario, el tiro libre se lanza desde el lugar donde se produjo la infracción.

Todos los robots oponentes se colocarán a una distancia mínima de 500mm de la pelota.

La pelota está en juego cuando es pateada y se mueve.

Infracciones / Sanciones

Si, cuando se lanza un tiro libre, el oponente más cercano a la bola no se encuentra a la distancia requerida:

- el tiro se repetirá

Toda infracción que se enumera en la Ley 9 se tratará en consonancia.

Para cualquier otra infracción de la presente Ley:

- el tiro se repetirá.

7.14. LEY 14 - EL TIRO DE PENALTI

Un tiro de penalti se otorga contra un equipo que cometa una de las cinco infracciones por las que se concede un tiro libre directo, dentro de su área de defensa y mientras la bola está en juego.

Un gol puede ser anotado directamente de un tiro de penalti.

El tiempo adicional permitido para un tiro de penalti se añadirá al final de cada mitad o al final de los períodos de tiempo extra.

Posición de la bola y los Robots

El balón:

- se coloca en el punto de penalti.

El robot de lanza el penalti:

- está debidamente identificado

El guardameta defensor:

- se mantiene entre los postes de la portería, toca la línea de meta, y la cara externa de la meta, hasta que el balón ha sido pateado. Se le permite el movimiento antes de que el balón haya sido golpeado, siempre y cuando no se infrinja alguna de estas restricciones.

Los robots que no sean los lanzadores se encuentran:

- dentro del campo de juego.
- detrás de una línea paralela a la línea de gol y a 400mm detrás del punto penalti.

El árbitro

- no da la señal de lanzamiento de penalti hasta que los robots han tomado posición de conformidad con la Ley.
- decide cuando un tiro penal se ha completado.

Procedimiento

- el robot que lanza el penalti, golpea la pelota hacia delante.
- no toca el balón por segunda vez hasta que haya sido tocado por otro robot.

- la pelota está en juego cuando es golpeada y se mueve hacia delante.

Cuando un tiro de penalti se lanza durante el curso normal del juego, o el tiempo se ha ampliado en la primera mitad o al final del partido para permitir que un lanzamiento de penalti sea lanzado. Se concede un gol si entra directamente o si antes de que el balón pase entre los postes y por debajo del travesaño:

- la pelota toca uno o ambos postes de la portería y/o el travesaño, y/o el portero.

Infracciones / Sanciones

Si el árbitro da la señal de un tiro de penalti y, antes de que el balón esté en juego, se produce una de las siguientes situaciones:

El robot que lanza el penalti infringe las Reglas del Juego:

- el árbitro permitirá que continúe la jugada.
- si el balón entra en la meta, se repetirá el tiro.
- si el balón no entra en la meta, el lanzamiento no se repetirá.

El guardameta infringe las Reglas de Juego:

- el árbitro permitirá que continúe la jugada.
- si el balón entra en la meta, se concede un gol.
- si el balón no entra en la meta, se repetirá el tiro.

Un compañero del robot que lanza, penetra en el área de los 400mm detrás del punto de penalti:

- el árbitro permitirá que continúe la jugada.
- si el balón entra en la meta, se repetirá el tiro.
- si el balón no entra en la meta, el lanzamiento no se repetirá.
- si el balón rebota en el guardameta, el travesaño o el poste de la meta y es tocado por el presente robot, el árbitro interrumpirá el juego y reanudará el partido con un tiro libre indirecto a favor del equipo que defiende.

Un compañero del guardameta penetra en la zona de los 400mm detrás del punto de penalti:

- el árbitro permitirá que continúe la jugada.
- si el balón entra en la meta, se concede un gol.
- si el balón no entra en la meta, se repetirá el lanzamiento.

Un robot de ambos equipos, de la defensa y el equipo atacante, infringen las Reglas de Juego:

- el tiro se repetirá.

Si, tras el cumplimiento de la pena:

Toda infracción que se enumeran en la Ley 9 se tratará en consonancia.

El balón es tocado por un agente externo, y se mueve hacia delante:

- el tiro se repetirá.



El balón rebota en el terreno de juego tras tocar al guardameta, el travesaño o los postes, y es entonces tocado por un agente externo:

- el árbitro detiene el juego.
- juego se reanuda con un toque neutral en el lugar donde la pelota tocó al agente externo (véase la Ley 13).

7.15. LEY 15 - EL SAQUE DE BANDA

Un saque de banda, es un método de reinicio el juego.

Un gol no puede ser marcado directamente desde un saque de banda.

Un saque de banda se concede:

- cuando la totalidad de la pelota pasa por encima del límite de contacto (línea de banda), ya sea por tierra o por aire.
- desde el punto, a 100mm, perpendicular al la línea de banda donde la pelota cruzó el límite.
- a los opositores del último robot que toca el balón.

Procedimiento

- El árbitro pone el balón en la posición designada.
- Todos los robots oponentes se distancian por lo menos 500mm de la pelota.
- La pelota está en juego cuando es pateada y se mueve.

Infracciones / Sanciones

Si, cuando un saque de banda se realiza, un oponente está más cercano a la bola de la distancia requerida:

- el saque de banda se repetirá.

Toda infracción que se enumeran en la Ley 9 se tratará en consonancia.

Para cualquier otra infracción:

- el tiro se repetirá.

7.16. LEY 16 - EL SAQUE DE PUERTA

Un saque de puerta es un método de reinicio el juego.

Un gol puede ser anotado directamente por un saque de puerta, pero sólo si entra en la portería contraria.

Un saque de puerta es otorgado cuando:

- la totalidad de la pelota, después de haber sido tocada por un robot del equipo atacante, pasa por encima de la línea de límite de gol ya sea por tierra o aire, y no se concede un tanto de conformidad con la Ley 10.

Procedimiento

- la pelota es pateada desde el punto a 500mm de la línea de gol y 100mm de la línea de banda más cercano a donde la pelota pasó por la línea de gol.
- los opositores siguen estando a 500mm de la bola hasta que el balón está en juego.
- el lanzador no puede jugar el balón por segunda vez hasta que haya tocado a otro robot.
- la pelota está en juego cuando es golpeada y se mueve.

Infracciones / Sanciones

Toda infracción que se enumeran en la Ley 9 se tratará en consonancia

Para cualquier otra infracción de la presente Ley:

- el tiro se repetirá.

7.17. LEY 17 - EL SAQUE DE ESQUINA

Un saque de esquina es un método de reinicio el juego.

Un gol puede ser anotado directamente de un saque de esquina, pero solamente contra el equipo contrario.

Un saque de esquina se concede cuando:

- la totalidad de la pelota, después de haber tocado un robot del equipo defensor, pasa por encima de la línea de gol, ya sea por tierra o aire, y no se concede un gol de conformidad con la Ley 10.



Procedimiento

- la pelota es golpeada desde la esquina más cercana, a 100mm en la línea de gol y de la línea de banda.
- los contrarios siguen estando a 500mm de la bola hasta que el balón está en juego.
- el lanzador no puede jugar el balón por segunda vez hasta que haya tocado a otro robot.
- la pelota está en juego cuando es golpeada y se mueve.

Infracciones / Sanciones

Toda infracción que se enumera en la Ley 9 se tratará en consonancia.

Para cualquier otra infracción:

- el tiro se repetirá.

7.18. APÉNDICE A - REGLAS DE COMPETENCIA

Este apéndice describe los procedimientos adicionales para la Small Size League.

Tiempo Extra

Si el resultado del partido es de empate después del final del segundo período y el partido necesita terminar con un claro ganador, se jugará un tiempo extra (como se indica en las leyes 7 y 10). Antes de la primera mitad del tiempo extra, habrá un intervalo que no deberá exceder de 5 minutos.

Períodos de juego durante el tiempo extra

El tiempo extra dura dos períodos iguales de 5 minutos, salvo mutuo acuerdo entre el árbitro y los dos equipos participantes. Cualquier acuerdo para alterar los períodos de tiempo extra (por ejemplo, para reducir cada mitad a 3 minutos a causa de un horario limitado) debe hacerse antes del inicio del juego y deben cumplir con las normas de competencia.

Tiempo extra

Los equipos tienen derecho a un descanso en el intervalo entre las dos mitades del tiempo extra. El plazo de tiempo no debe exceder de 2 minutos.

La duración del descanso en dicho intervalo de tiempo puede ser modificado únicamente con el consentimiento de ambos equipos y el árbitro.

Tiempos de espera

Cada equipo tiene asignado dos tiempos de espera en el comienzo del tiempo extra. Se permite un total de 5 minutos para todos los tiempos de espera. El número de tiempos de espera y el tiempo, no utilizados en el juego regular, no se agregan. Los tiempos de espera en el tiempo extra siguen las mismas reglas que en el juego regular (indicado en la ley 7).

Tanda de penaltis

Si el partido termina en empate después del final de la segunda parte de la prórroga, el resultado final se decidirá en los penaltis.

Preparación

Antes del inicio de los penaltis, habrá un intervalo que no deberá exceder de 2 minutos. Este tiempo, se designa para ser utilizado por los equipos en el diálogo con el árbitro y sus asistentes para comprobar que la posición del portero es correcta (en la línea) y que todas las demás normas se cumplen como se indica en la ley 14. El árbitro determina (por ejemplo, lanzando una moneda), qué equipo defiende la portería, así como qué equipo tiene que lanzar el primer penalti.



Procedimiento

Durante los tiros desde el punto de penalti, un máximo de 2 robots por equipo estarán en el campo con el fin de evitar interferencias. Los tiros desde el punto penalti se harán alternativamente por parte de ambos equipos hasta que cada equipo haya lanzado 5 sanciones. Para todos los lanzamientos, se aplican las normas de la ley 14. Un segundo tiro (por ejemplo, si la pelota rebota en la portería o un poste de la portería) o el robot que lanza recuperar la pelota, no puntuará. Durante los lanzamientos, desde el punto penalti no habrá tiempos muertos. Los robots pueden ser intercambiados entre los lanzamientos siguiendo las reglas de intercambio de la ley 3. Como el intercambio de los papeles entre ambos equipos costaría demasiado tiempo y se forzaría a los equipos a variar sus sistemas, se usarán ambas porterías.

Si después de 10 tiros no hay un vencedor, cada equipo tiene un lanzamiento de penalti en el mismo orden en que lo hicieran anteriormente. Este procedimiento (un penalti por equipo) se continúa hasta que haya un vencedor.

7.19. APÉNDICE B – EXPERTOS EN VISIÓN

Durante las competencias, los expertos en visión están a cargo del sistema compartido de visión de cada campo. La asignación y tiempo de su período de servicio es designado por los organizadores de la competición. Esto debe ser hecho de tal forma que cada sistema de visión compartido tenga asignado, al menos, un experto en visión.

Deberes

El experto en visión:

- Comprobar el hardware del sistema compartido de visión e informar de cualquier problema relacionado con esto al TC/ organizadores locales.
- Hacer el proceso de calibración del SSL-Vision cuando sea necesario o los equipos lo requieran durante los tiempos de configuración.
- Calibrar o realizar el mantenimiento durante el partido del SSL-Vision cuando el árbitro lo requiera.
- Antes de cada partido, comprobar que ambos equipos reciben los paquetes del SSL-Vision correctamente.
- Antes de cada partido, comprobar que ambos partidos utilizan los correctos patrones estandarizados, que la altura de sus robots está calibrada con exactitud y que los datos de localización recibidos son correctos.
- Vigilar el estado del sistema compartido de visión durante el partido y reportar inmediatamente cualquier tipo de problema al árbitro.
- Recibir las quejas de los equipos sobre el sistema de visión compartido durante el partido y, si fuera necesario, preguntar al árbitro para parar el juego de tal forma que se pueda diagnosticar y solucionar el problema.
- Avisar al árbitro si hay alguna queja no solucionable de algún equipo acerca del sistema de visión. En este caso, el árbitro, tiene la autoridad definitiva para fallar en cualquier modo con respecto sus poderes y deberes (ver Ley 5), incluyendo la habilidad para avisar y(o sancionar a los equipos de mal comportamiento si las exigencias de los equipos son infundadas y continúan obstruyendo el juego (ver Sanciones Disciplinarias en Ley 12).





CAPÍTULO 8

8. ANEXOS

8.1. DATASHEET

[14]

Philips Semiconductors Linear Products

Product specification

Current-mode PWM controller

UC3842

DESCRIPTION

The UC3842 is available in an 8-Pin mini-DIP the necessary features to implement off-line, fixed-frequency current-mode control schemes with a minimal external parts count. This technique results in improved line regulation, enhanced load response characteristics, and a simpler, easier to design control loop. Topological advantages include inherent pulse-by-pulse current limiting.

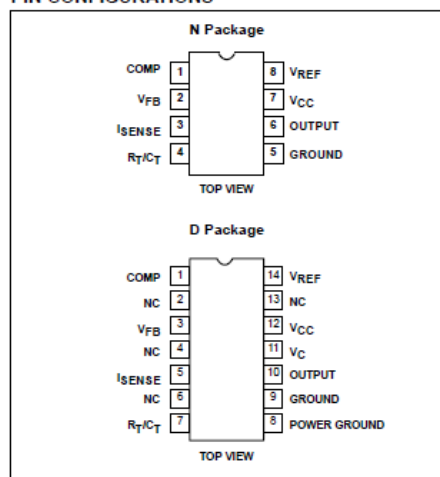
Protection circuitry includes built-in undervoltage lock-out and current limiting. Other features include fully-latched operation, a 1% trimmed bandgap reference, and start-up current less than 1mA.

These devices feature a totem-pole output designed to source and sink high peak current from a capacitive load, such as the gate of a power MOSFET. Consistent with N-channel power devices, the output is low in the OFF-state.

FEATURES

- Low start-up current ($\leq 1\text{mA}$)
- Automatic feed-forward compensation
- Pulse-by-pulse current limiting
- Enhanced load response characteristics
- Undervoltage lock-out with hysteresis
- Double pulse suppression
- High current totem-pole output
- Internally-trimmed bandgap reference
- 400kHz operation, guaranteed min

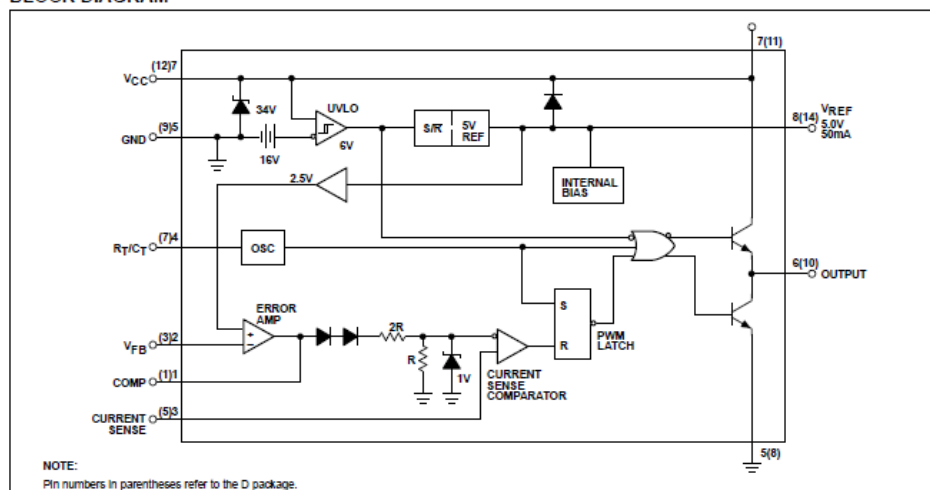
PIN CONFIGURATIONS



APPLICATIONS

- Off-line switched mode power supplies
- DC-to-DC converters UC3842

BLOCK DIAGRAM



August 31, 1994

1100

853-0614 13721

Current-mode PWM controller

UC3842

ORDERING INFORMATION

DESCRIPTION	TEMPERATURE RANGE	ORDER CODE	DWG #
8-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	0 to +70°C	UC3842N	0404B
14-Pin Plastic Small Outline (SO) Package	0 to +70°C	UC3842D	0405B

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS¹

SYMBOL	PARAMETER	RATING	UNIT
V_{CC}	Supply voltage ($I_{CC} < 30\text{mA}$)		Self-Limiting
V_{CC}	Supply voltage (low impedance source)	30	V
I_{OUT}	Output current ^{2, 3}	± 1	A
	Output energy (capacitive load)	5	μJ
	Analog inputs (Pin 2, Pin 3)	-0.3 to 6.3	V
	Error amp output sink current	10	mA
P_D	Power dissipation at $T_A \leq 70^\circ\text{C}$ (derate $12.5\text{mW}/^\circ\text{C}$ for $T_A > 70^\circ\text{C}$) ²	1	W
T_{STG}	Storage temperature range	-65 to +150	$^\circ\text{C}$
T_{SOLD}	Lead temperature (soldering, 10sec max)	300	$^\circ\text{C}$

NOTES:

1. All voltages are with respect to Pin 5; all currents are positive into the specified terminal.
2. See section in application note on "Power Dissipation Calculation".
3. This parameter is guaranteed, but not 100% tested in production.

Current-mode PWM controller

UC3842

DC AND AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

0 ≤ T_J ≤ 70°C for UC3842; V_{CC} = 15V; R_T = 10kW; C_T = 3.3nF, unless otherwise specified.

SYMBOL		PARAMETER	TEST CONDITIONS	UC3842			UNIT
				Min	Typ	Max	
Reference section							
V _{OUT}	Output voltage	T _J =25°C, I _O =1mA		4.90	5.00	5.10	V
	Line regulation	12≤V _{IN} ≤25V			6	20	mV
	Load regulation	1≤I _O ≤20mA			6	25	mV
	Temp. stability ¹				0.2	0.4	mV/°C
	Total output variation ¹	Line, load, temp.		4.82		5.18	V
V _{NOISE}	Output noise voltage ¹	10Hz≤f≤10kHz, T _J =25°C			50		μV
	Long-term stability ¹	T _J =125°C, 1000 Hrs.			5	25	mV
	Output short-circuit	T _J =25		-30	-100	-130	mA
	Output short-circuit	-55<T _J ≤0°C		-30	-100	-180	mA
Oscillator section							
	Initial accuracy	T _J =25°C		47	52	57	kHz
	Voltage stability	12≤V _{CC} ≤25V			0.2	1	%
	Temp. stability ¹	T _{MIN} ≤T _J ≤T _{MAX}			5		%
	Amplitude	V _{PIN 4} peak-to-peak			1.7		V
Error amp section							
	Input voltage	V _{PIN 1} =2.5V		2.42	2.50	2.58	V
I _{BIAS}	Input bias current				-0.3	-2	μA
A _{VOL}		2≤V _O ≤4V		65	90		dB
	Unity gain bandwidth ¹	T _J =25°C		0.7	1		MHz
	Unity gain bandwidth	T _{MIN} ≤T _J ≤T _{MAX}		0.5			MHz
PSRR	Power supply rejection ratio	12≤V _{CC} ≤25V		60	70		dB
I _{SINK}	Output sink current	V _{PIN 2} =2.7V, V _{PIN 1} =1.1V		2	6		mA
I _{SOURCE}	Output source current	V _{PIN 2} =2.3V, V _{PIN 1} =5V		-0.5	-0.8		mA
	V _{OUT} High	V _{PIN 2} =2.3V, R _L =15k to ground		5	6		V
	V _{OUT} Low	V _{PIN 2} =2.7V, R _L =15k to Pin 8			0.7	1.1	V
Current sense section							
	Gain ^{2, 3}			2.85	3	3.15	V/V
	Maximum input signal ²	V _{PIN 1} =5V		0.9	1	1.1	V
PSRR	Power supply rejection ratio ²	12≤V _{CC} ≤25V			70		dB
I _{BIAS}	Input bias current				-2	-10	μA
	Delay to output ¹				150	300	ns

Current-mode PWM controller

UC3842

DC AND AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

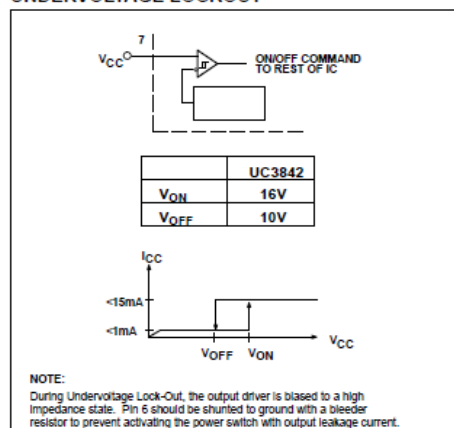
0 ≤ T_J ≤ 70°C for UC3842; V_{CC} = 15V; R_T = 10kΩ; C_T = 3.3nF, unless otherwise specified

		UC3842				
SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS	Min	Typ	Max	UNIT
Output section						
V _{OL}	Output Low-Level	I _{SINK} =20mA		0.1	0.4	V
		I _{SINK} =200mA		1.5	2.2	
V _{OH}	Output High-Level	I _{SOURCE} =20mA	13	13.5		V
		I _{SOURCE} =200mA	12	13.5		
t _R	Rise time	C _L =1nF		50	150	ns
t _F	Fall time	C _L =1nF		50	150	ns
Undervoltage lockout section						
	Start threshold		14.5	16	17.5	V
	Min. operating voltage after turn on		8.5	10	11.5	V
PWM section						
	Maximum duty cycle		93	97	100	%
	Minimum duty cycle				0	
Total standby current						
	Start-up current			0.5	1	mA
I _{CC}	Operating supply current	V _{PIN 2} =V _{PIN 3} =0V		11	17	mA
	V _{CC} zener voltage	I _{CC} =25mA		34		V
Maximum operating frequency section						
	Maximum operating frequency for all functions operating cycle-by-cycle		400			kHz

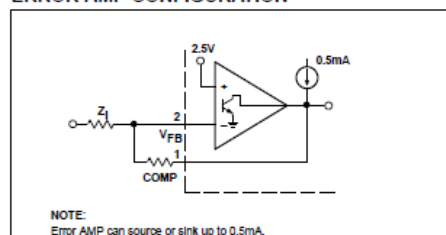
NOTES:

- These parameters, although guaranteed, are not 100% tested in production.
- Parameter measured at trip point of latch with V_{PIN 2} = 0.
- Gain defined as: $A = \frac{\Delta V_{PDM 1}}{\Delta V_{PDM 3}}$; $0 \leq V_{PDM 3} \leq 0.8V$

UNDERVOLTAGE LOCKOUT



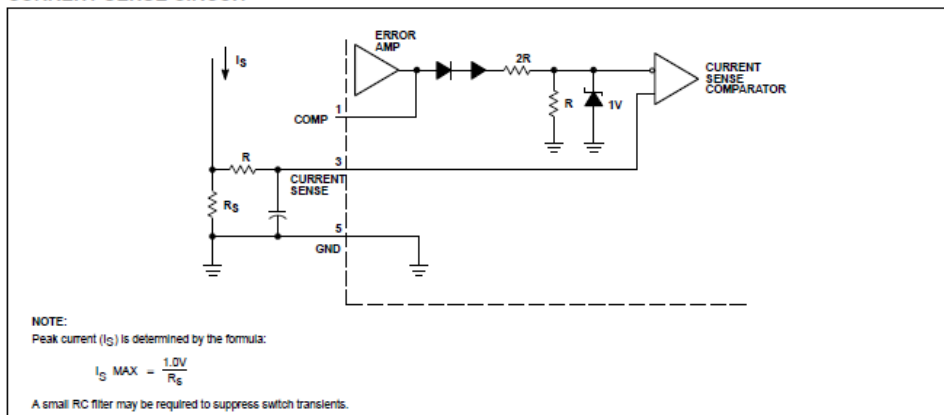
ERROR AMP CONFIGURATION



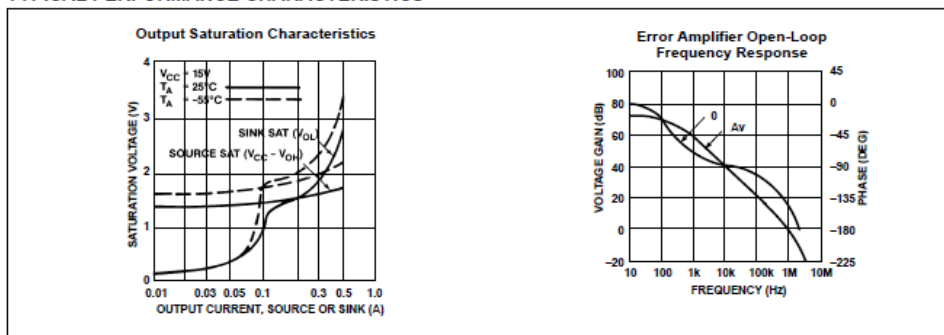
Current-mode PWM controller

UC3842

CURRENT SENSE CIRCUIT



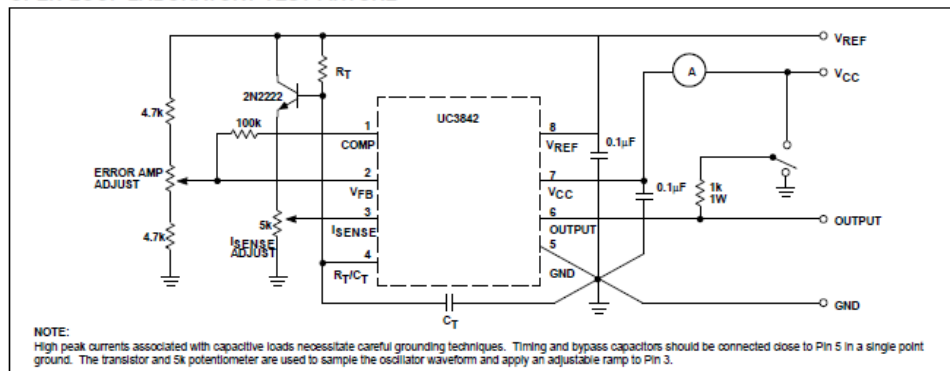
TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS



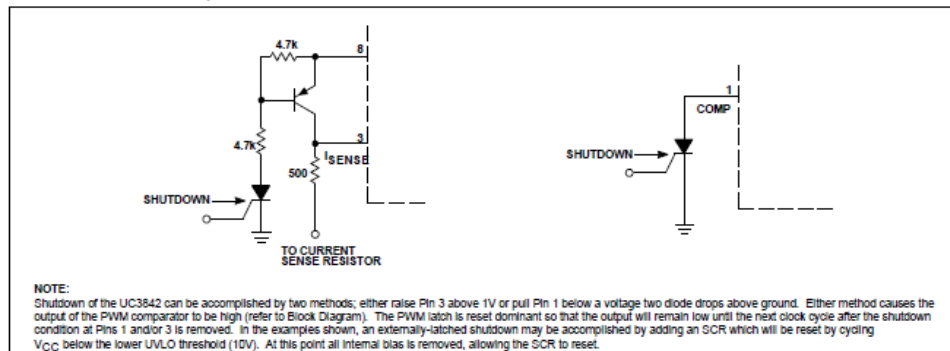
Current-mode PWM controller

UC3842

OPEN-LOOP LABORATORY TEST FIXTURE



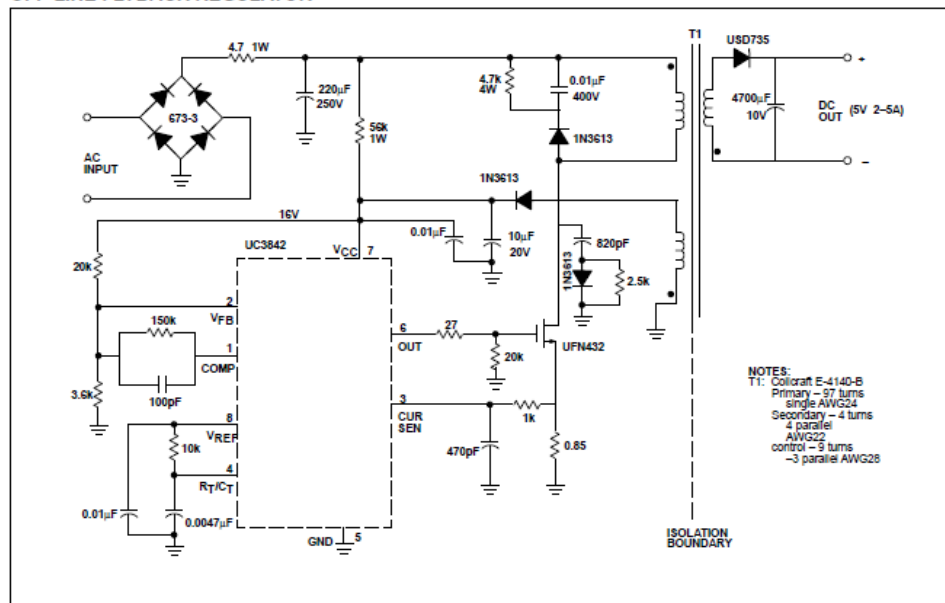
SHUTDOWN TECHNIQUES



Current-mode PWM controller

UC3842

OFF-LINE FLYBACK REGULATOR



SPECIFICATIONS

Input line voltage:	90V _{AC} to 130V _{AC}
Input frequency:	50 or 60Hz
Switching frequency:	40kHz±10%
Output power:	25W maximum
Output voltage:	5V±5%
Output current:	2 to 5A
Line regulation:	0.01%/V
Load regulation:	8%/A*
Efficiency @ 25 W,	
V _{IN} =90V _{AC} :	70%
V _{IN} =130V _{AC} :	65%
Output short-circuit current:	2.5A average

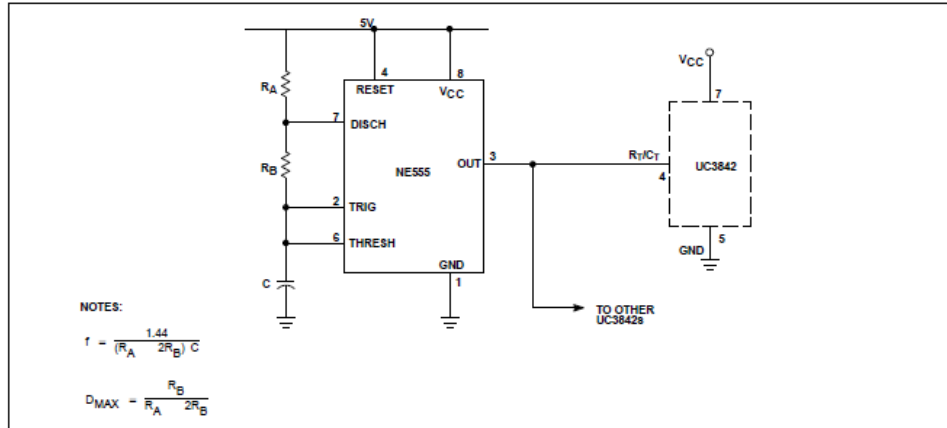
NOTE:

This circuit uses a low-cost feedback scheme in which the DC voltage developed from the primary-side control winding is sensed by the UC3842 error amplifier. Load regulation is therefore dependent on the coupling between secondary and control windings, and on transformer leakage inductance. For applications requiring better load regulation, a UC1901 Isolated Feedback Generator can be used to directly sense the output voltage.

Current-mode PWM controller

UC3842

SYNCHRONIZATION AND MAXIMUM DUTY CYCLE CLAMP





INTEGRATED CIRCUITS

DATA SHEET

NE/SA/SE555/SE555C Timer

Product data
Supersedes data of 1994 Aug 31

2003 Feb 14

Philips
Semiconductors



PHILIPS

Timer

NE/SA/SE555/SE555C

DESCRIPTION

The 555 monolithic timing circuit is a highly stable controller capable of producing accurate time delays, or oscillation. In the time delay mode of operation, the time is precisely controlled by one external resistor and capacitor. For a stable operation as an oscillator, the free running frequency and the duty cycle are both accurately controlled with two external resistors and one capacitor. The circuit may be triggered and reset on falling waveforms, and the output structure can source or sink up to 200 mA.

FEATURES

- Turn-off time less than 2 μ s
- Max. operating frequency greater than 500 kHz
- Timing from microseconds to hours
- Operates in both astable and monostable modes
- High output current
- Adjustable duty cycle
- TTL compatible
- Temperature stability of 0.005% per $^{\circ}$ C

APPLICATIONS

- Precision timing
- Pulse generation
- Sequential timing
- Time delay generation
- Pulse width modulation

PIN CONFIGURATION

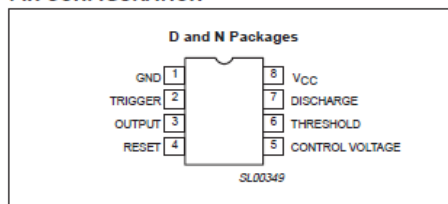


Figure 1. Pin configuration

BLOCK DIAGRAM

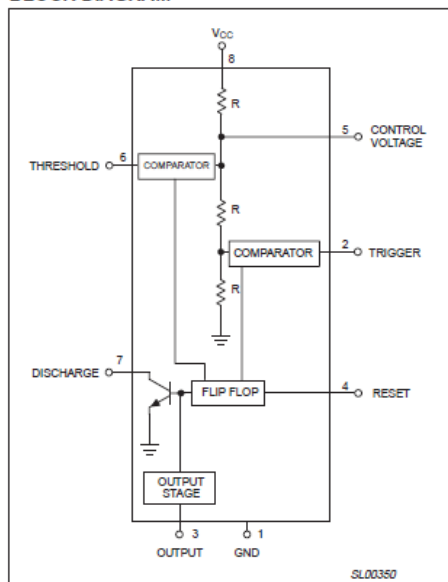


Figure 2. Block Diagram

ORDERING INFORMATION

DESCRIPTION	TEMPERATURE RANGE	ORDER CODE	DWG #
8-Pin Plastic Small Outline (SO) Package	0 to +70 $^{\circ}$ C	NE555D	SOT98-1
8-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	0 to +70 $^{\circ}$ C	NE555N	SOT97-1
8-Pin Plastic Small Outline (SO) Package	-40 $^{\circ}$ C to +85 $^{\circ}$ C	SA555D	SOT98-1
8-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	-40 $^{\circ}$ C to +85 $^{\circ}$ C	SA555N	SOT97-1
8-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	-55 $^{\circ}$ C to +125 $^{\circ}$ C	SE555CN	SOT97-1
8-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	-55 $^{\circ}$ C to +125 $^{\circ}$ C	SE555N	SOT97-1

Timer

NE/SA/SE555/SE555C

EQUIVALENT SCHEMATIC

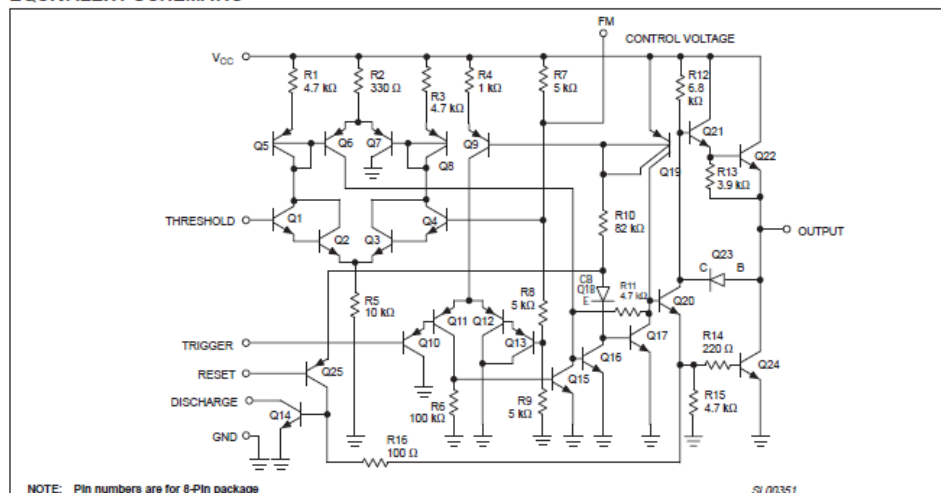


Figure 3. Equivalent schematic

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

SYMBOL	PARAMETER	RATING	UNIT
V_{CC}	Supply voltage	+18	V
	SE555	+16	V
P_D	Maximum allowable power dissipation ¹	600	mW
T_{amb}	Operating ambient temperature range	0 to +70	°C
	NE555	-40 to +85	°C
	SA555	-55 to +125	°C
T_{stg}	Storage temperature range	-65 to +150	°C
T_{SOLD}	Lead soldering temperature (10 sec max)	+230	°C

NOTE:

1. The junction temperature must be kept below 125 °C for the D package and below 150 °C for the N package.

At ambient temperatures above 25 °C, where this limit would be derated by the following factors:

D package 160 °C/W

N package 100 °C/W

Timer

NE/SA/SE555/SE555C

DC AND AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

T_{amb} = 25 °C, V_{CC} = +5 V to +15 V unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS	SE555			NE555/SA555/SE555C			UNIT
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
V _{CC}	Supply voltage		4.5		18	4.5		18	V
I _{CC}	Supply current (low state) ¹	V _{CC} = 5 V, R _L = ∞ V _{CC} = 15 V, R _L = ∞		3 10	5 12		3 10	6 15	mA mA
t _M Δt _M /ΔT Δt _M /ΔV _S	Timing error (monostable) Initial accuracy ² Drift with temperature Drift with supply voltage	R _A = 2 kΩ to 100 kΩ C = 0.1 μF		0.5 30 0.05	2.0 100 0.2		1.0 50 0.1	3.0 150 0.5	% ppm/°C %/V
t _A Δt _A /ΔT Δt _A /ΔV _S	Timing error (astable) Initial accuracy ² Drift with temperature Drift with supply voltage	R _A , R _B = 1 kΩ to 100 kΩ C = 0.1 μF V _{CC} = 15 V		4 0.15	6 0.6		5 0.3	13 1 500	% ppm/°C %/V
V _C	Control voltage level	V _{CC} = 15 V V _{CC} = 5 V	9.6 2.9	10.0 3.33	10.4 3.8	9.0 2.6	10.0 3.33	11.0 4.0	V V
V _{TH}	Threshold voltage	V _{CC} = 15 V V _{CC} = 5 V	9.4 2.7	10.0 3.33	10.6 4.0	8.8 2.4	10.0 3.33	11.2 4.2	V V
I _{TH}	Threshold current ³			0.1	0.25		0.1	0.25	μA
V _{TRIG}	Trigger voltage	V _{CC} = 15 V V _{CC} = 5 V	4.8 1.45	5.0 1.67	5.2 1.9	4.5 1.1	5.0 1.67	5.6 2.2	V V
I _{TRIG}	Trigger current	V _{TRIG} = 0 V		0.5	0.9		0.5	2.0	μA
V _{RESET}	Reset voltage ⁴	V _{CC} = 15 V, V _{TH} = 10.5 V	0.3		1.0	0.3		1.0	V
I _{RESET}	Reset current Reset current	V _{RESET} = 0.4 V V _{RESET} = 0 V		0.1 0.4	0.4 1.0		0.1 0.4	0.4 1.5	mA mA
V _{OL}	LOW-level output voltage	V _{CC} = 15 V I _{SINK} = 10 mA I _{SINK} = 50 mA I _{SINK} = 100 mA I _{SINK} = 200 mA		0.1 0.4 2.0 2.5	0.15 0.5 2.2		0.1 0.4 2.0 2.5	0.25 0.75 2.5	V V V V
		V _{CC} = 5 V I _{SINK} = 8 mA I _{SINK} = 5 mA		0.1 0.05	0.25 0.2		0.3 0.25	0.4 0.35	V V
		V _{CC} = 15 V I _{SOURCE} = 200 mA I _{SOURCE} = 100 mA		12.5 13.0			12.5 13.3		V V
		V _{CC} = 5 V I _{SOURCE} = 100 mA	3.0	3.3		2.75	3.3		V
t _{OFF}	Turn-off time ⁵	V _{RESET} = V _{CC}		0.5	2.0		0.5	2.0	μs
t _R	Rise time of output			100	200		100	300	ns
t _F	Fall time of output			100	200		100	300	ns
	Discharge leakage current			20	100		20	100	nA

NOTES:

1. Supply current when output high typically 1 mA less.

2. Tested at V_{CC} = 5 V and V_{CC} = 15 V.

3. This will determine the max value of R_A+R_B, for 15 V operation, the max total R = 10 MΩ, and for 5 V operation, the max. total R = 3.4 MΩ.

4. Specified with trigger input HIGH.

5. Time measured from a positive-going input pulse from 0 to 0.8×V_{CC} into the threshold to the drop from HIGH to LOW of the output. Trigger is tied to threshold.

Timer

NE/SA/SE555/SE555C

TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS

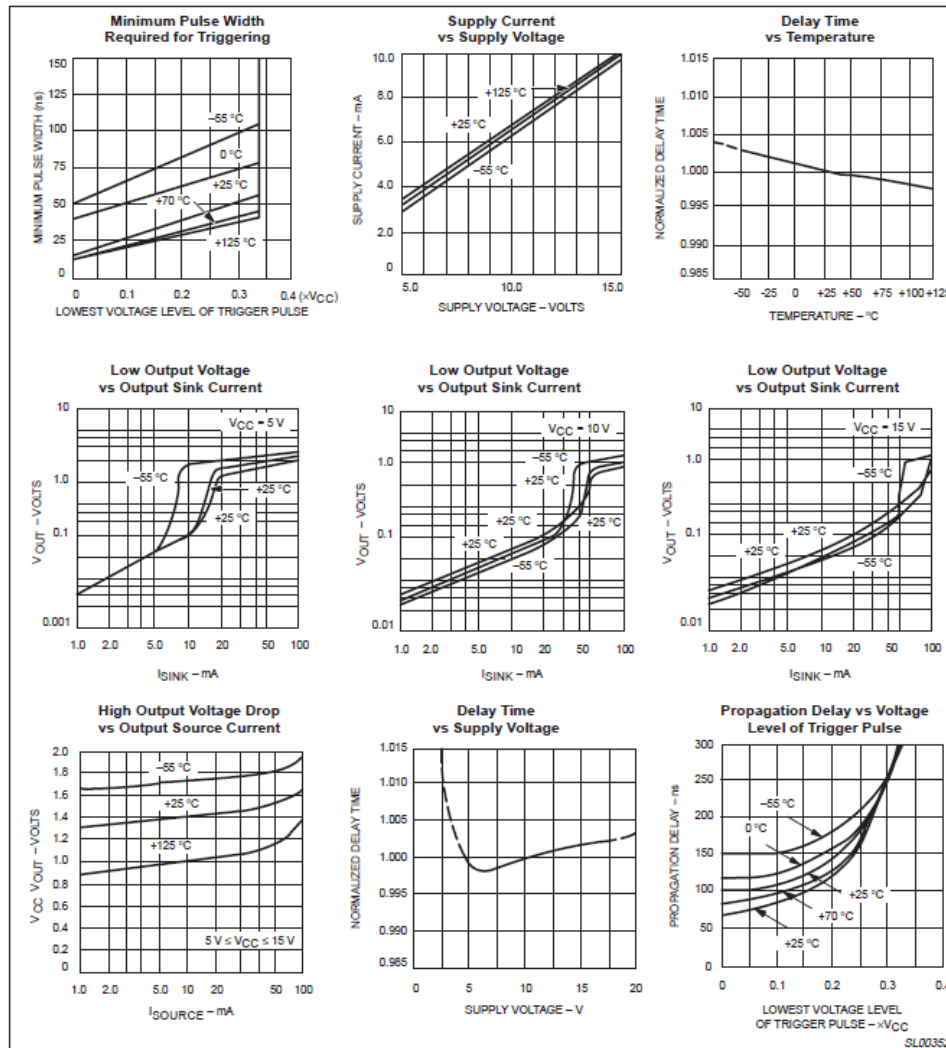


Figure 4. Typical Performance Characteristics

Timer

NE/SA/SE555/SE555C

TYPICAL APPLICATIONS

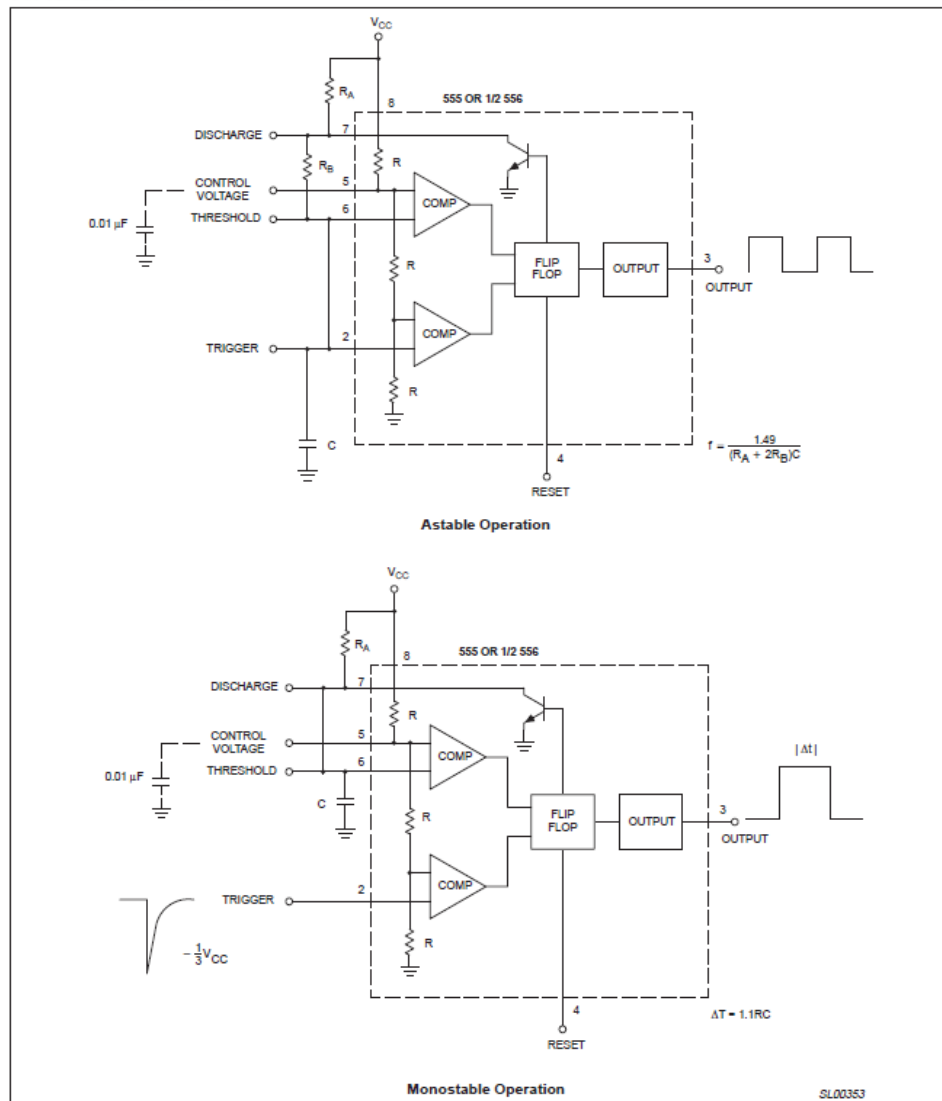


Figure 5. Typical Applications

Timer

NE/SA/SE555/SE555C

TYPICAL APPLICATIONS

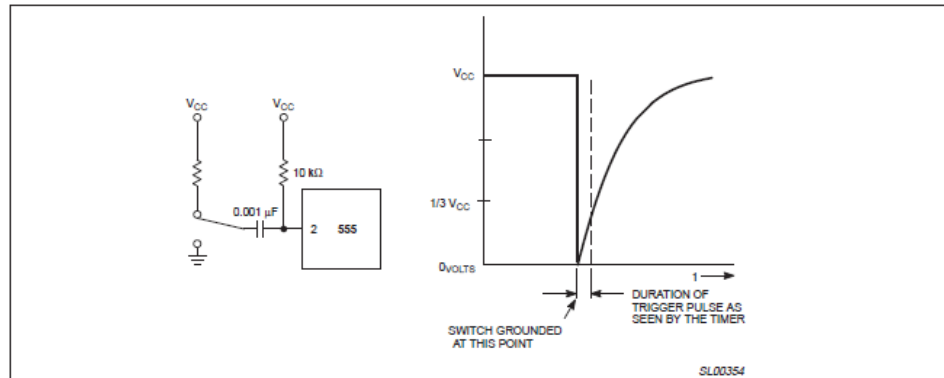


Figure 6. AC Coupling of the Trigger Pulse

Trigger Pulse Width Requirements and Time Delays

Due to the nature of the trigger circuitry, the timer will trigger on the negative going edge of the input pulse. For the device to time out properly, it is necessary that the trigger voltage level be returned to some voltage greater than one third of the supply before the time out period. This can be achieved by making either the trigger pulse sufficiently short or by AC coupling into the trigger. By AC coupling the trigger, see Figure 6, a short negative going pulse is achieved when the trigger signal goes to ground. AC coupling is most frequently used in conjunction with a switch or a signal that goes to ground which initiates the timing cycle. Should the trigger be held low, without AC coupling, for a longer duration than the timing cycle the output will remain in a high state for the duration of the low trigger signal, without regard to the threshold comparator state. This is due to the predominance of Q_{15} on the base of Q_{16} , controlling the state of the bi-stable flip-flop. When the trigger signal then returns to a high level, the output will fall immediately. Thus, the output signal will follow the trigger signal in this case.

Another consideration is the "turn-off time". This is the measurement of the amount of time required after the threshold reaches $2/3 V_{CC}$ to turn the output low. To explain further, Q_1 at the threshold input turns on after reaching $2/3 V_{CC}$, which then turns on Q_5 , which turns on Q_6 . Current from Q_6 turns on Q_{16} which turns Q_{17} off. This allows current from Q_{15} to turn on Q_{20} and Q_{24} to give an output low. These steps cause the $2 \mu s$ max. delay as stated in the data sheet.

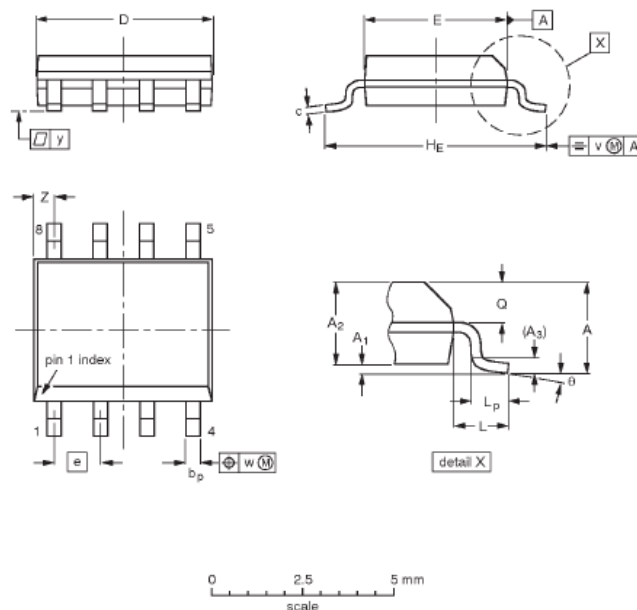
Also, a delay comparable to the turn-off time is the trigger release time. When the trigger is low, Q_{10} is on and turns on Q_{11} which turns on Q_{15} . Q_{15} turns off Q_{16} and allows Q_{17} to turn on. This turns off current to Q_{20} and Q_{24} , which results in output high. When the trigger is released, Q_{10} and Q_{11} shut off, Q_{15} turns off, Q_{16} turns on and the circuit then follows the same path and time delay explained as "turn off time". This trigger release time is very important in designing the trigger pulse width so as not to interfere with the output signal as explained previously.

Timer

NE/SA/SE555/SE555C

S08: plastic small outline package; 8 leads; body width 3.9 mm

SOT96-1




DIMENSIONS (inch dimensions are derived from the original mm dimensions)

UNIT	A max.	A ₁	A ₂	A ₃	b _p	c	D ⁽¹⁾	E ⁽²⁾	e	H _E	L	L _p	Q	v	w	y	Z ⁽¹⁾	θ
mm	1.75	0.25 0.10	1.45 1.25	0.25	0.49 0.38	0.25 0.19	5.0 4.8	4.0 3.8	1.27	6.2 5.8	1.05	1.0 0.4	0.7 0.6	0.25	0.25	0.1	0.7 0.3	8° 0°
inches	0.069	0.010 0.004	0.057 0.049	0.01	0.019 0.014	0.0100 0.0075	0.20 0.19	0.16 0.15	0.050	0.244 0.228	0.041	0.039 0.016	0.028 0.024	0.01	0.01	0.004	0.028 0.012	

Notes

1. Plastic or metal protrusions of 0.15 mm maximum per side are not included.
2. Plastic or metal protrusions of 0.25 mm maximum per side are not included.

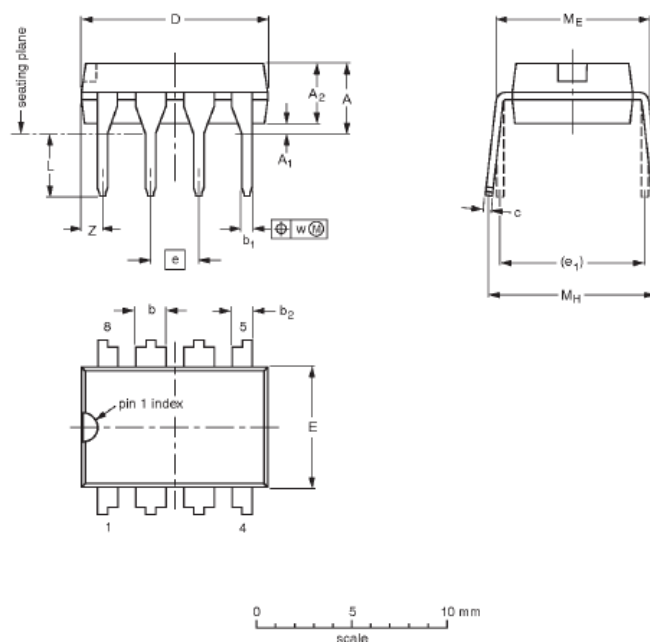
OUTLINE VERSION	REFERENCES				EUROPEAN PROJECTION	ISSUE DATE
	IEC	JEDEC	EIAJ			
SOT96-1	078E03	MS-012				97-05-22 99-12-27

Timer

NE/SA/SE555/SE555C

DIP8: plastic dual in-line package; 8 leads (300 mil)

SOT97-1



DIMENSIONS (inch dimensions are derived from the original mm dimensions)

UNIT	A max.	A ₁ min.	A ₂ max.	b	b ₁	b ₂	c	D ⁽¹⁾	E ⁽¹⁾	e	e ₁	L	M _E	M _H	w	Z ⁽¹⁾ max.
mm	4.2	0.51	3.2	1.73 1.14	0.53 0.38	1.07 0.89	0.36 0.23	9.8 9.2	6.48 6.20	2.54	7.62	3.60 3.05	8.25 7.60	10.0 8.3	0.254	1.15
inches	0.17	0.020	0.13	0.068 0.045	0.021 0.015	0.042 0.035	0.014 0.009	0.39 0.36	0.26 0.24	0.10	0.30	0.14 0.12	0.32 0.31	0.39 0.33	0.01	0.045

Note

1. Plastic or metal protrusions of 0.25 mm maximum per side are not included.

OUTLINE VERSION	REFERENCES				EUROPEAN PROJECTION	ISSUE DATE
	IEC	JEDEC	EIAJ			
SOT97-1	050G01	MO-001	SC-504-B			95-02-04 99-12-27

Timer

NE/SA/SE555/SE555C

REVISION HISTORY

Rev	Date	Description
2	20030214	Product data (9397 750 11129); ECN 853-0036 29156 of 06 November 2002. Supersedes Product specification dated August 31, 1994. Modifications: <ul style="list-style-type: none">• Remove all oerdip information from the data sheet. Package type discontinued.• 'Absolute maximum ratings' table: T{SO LD} rating changed from '+300 °C' to '+230 °C'.
	19940831	Product specification; ECN 853-0036 13721 of 31 August 1994. (Filename = NE_SA555X.pdf)

Timer

NE/SA/SE555/SE555C

Data sheet status

Level	Data sheet status [1]	Product status [2] [3]	Definitions
I	Objective data	Development	This data sheet contains data from the objective specification for product development. Philips Semiconductors reserves the right to change the specification in any manner without notice.
II	Preliminary data	Qualification	This data sheet contains data from the preliminary specification. Supplementary data will be published at a later date. Philips Semiconductors reserves the right to change the specification without notice, in order to improve the design and supply the best possible product.
III	Product data	Production	This data sheet contains data from the product specification. Philips Semiconductors reserves the right to make changes at any time in order to improve the design, manufacturing and supply. Relevant changes will be communicated via a Customer Product/Process Change Notification (CPCN).

[1] Please consult the most recently issued data sheet before initiating or completing a design.

[2] The product status of the device(s) described in this data sheet may have changed since this data sheet was published. The latest information is available on the Internet at URL <http://www.semiconductors.philips.com>.

[3] For data sheets describing multiple type numbers, the highest-level product status determines the data sheet status.

Definitions

Short-form specification — The data in a short-form specification is extracted from a full data sheet with the same type number and title. For detailed information see the relevant data sheet or data handbook.

Limiting values definition — Limiting values given are in accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 60134). Stress above one or more of the limiting values may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and operation of the device at these or at any other conditions above those given in the Characteristics sections of the specification is not implied. Exposure to limiting values for extended periods may affect device reliability.

Application information — Applications that are described herein for any of these products are for illustrative purposes only. Philips Semiconductors make no representation or warranty that such applications will be suitable for the specified use without further testing or modification.

Disclaimers

Life support — These products are not designed for use in life support appliances, devices, or systems where malfunction of these products can reasonably be expected to result in personal injury. Philips Semiconductors customers using or selling these products for use in such applications do so at their own risk and agree to fully indemnify Philips Semiconductors for any damages resulting from such application.

Right to make changes — Philips Semiconductors reserves the right to make changes in the products—including circuits, standard cells, and/or software—described or contained herein in order to improve design and/or performance. When the product is in full production (status 'Production'), relevant changes will be communicated via a Customer Product/Process Change Notification (CPCN). Philips Semiconductors assumes no responsibility or liability for the use of any of these products, conveys no license or title under any patent, copyright, or mask work right to these products, and makes no representations or warranties that these products are free from patent, copyright, or mask work right infringement, unless otherwise specified.

Contact information

For additional information please visit
<http://www.semiconductors.philips.com> Fax: +31 40 27 24825

© Koninklijke Philips Electronics N.V. 2003
All rights reserved. Printed in U.S.A.

For sales offices addresses send e-mail to:
sales.addresses@www.semiconductors.philips.com

Date of release: 02-03
Document order number: 9397 750 11129

Let's make things better.

Philips
Semiconductors



PHILIPS



FDP51N25 / FDPF51N25 250V N-Channel MOSFET

Features

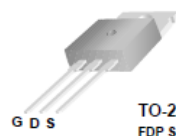
- 51A, 250V, $R_{DS(on)} = 0.06\Omega$ @ $V_{GS} = 10V$
- Low gate charge (typical 55 nC)
- Low C_{rss} (typical 63 pF)
- Fast switching
- Improved dv/dt capability



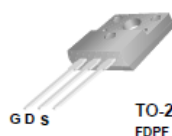
Description

These N-Channel enhancement mode power field effect transistors are produced using Fairchild's proprietary, planar stripe, DMOS technology.

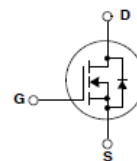
This advanced technology has been especially tailored to minimize on-state resistance, provide superior switching performance, and withstand high energy pulse in the avalanche and commutation mode. These devices are well suited for high efficient switched mode power supplies and active power factor correction.



TO-220
FDP Series



TO-220F
FDPF Series



Absolute Maximum Ratings

Symbol	Parameter	FDP51N25	FDPF51N25	Unit
V_{DS}	Drain-Source Voltage	250		V
I_D	Drain Current	51	51*	A
		30	30*	A
I_{DM}	Drain Current - Pulsed (Note 1)	204	204*	A
V_{GS}	Gate-Source voltage	± 30		V
E_{AS}	Single Pulsed Avalanche Energy (Note 2)	1111		mJ
I_{AR}	Avalanche Current (Note 1)	51		A
E_{AR}	Repetitive Avalanche Energy (Note 1)	32		mJ
dv/dt	Peak Diode Recovery dv/dt (Note 3)	4.5		V/ns
P_D	Power Dissipation ($T_C = 25^\circ\text{C}$)	320	38	W
		3.7	0.3	W/ $^\circ\text{C}$
T_J, T_{STG}	Operating and Storage Temperature Range	-55 to $+150$		$^\circ\text{C}$
T_L	Maximum Lead Temperature for Soldering Purpose, 1/8" from Case for 5 Seconds	300		$^\circ\text{C}$

*Drain current limited by maximum junction temperature

Thermal Characteristics

Symbol	Parameter	FDP51N25	FDPF51N25	Unit
$R_{\theta JC}$	Thermal Resistance, Junction-to-Case	0.39	3.3	$^\circ\text{C/W}$
$R_{\theta CS}$	Thermal Resistance, Case-to-Sink Typ.	0.5	--	$^\circ\text{C/W}$
$R_{\theta JA}$	Thermal Resistance, Junction-to-Ambient	62.5	62.5	$^\circ\text{C/WJ}$

Package Marking and Ordering Information

Device Marking	Device	Package	Reel Size	Tape Width	Quantity
FDP51N25	FDP51N25	TO-220	-	-	50
FDPF51N25	FDPF51N25	TO-220F	-	-	50

Electrical Characteristics T_C = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
Off Characteristics						
BV _{DSS}	Drain-Source Breakdown Voltage	V _{GS} = 0V, I _D = 250μA, T _J = 25°C	250	--	--	V
ΔBV _{DSS} / ΔT _J	Breakdown Voltage Temperature Coefficient	I _D = 250μA, Referenced to 25°C	--	0.25	--	V/°C
I _{DSS}	Zero Gate Voltage Drain Current	V _{DS} = 250V, V _{GS} = 0V V _{DS} = 200V, T _C = 125°C	--	--	1 10	μA
I _{GSSF}	Gate-Body Leakage Current, Forward	V _{GS} = 30V, V _{DS} = 0V	--	--	100	nA
I _{GSSR}	Gate-Body Leakage Current, Reverse	V _{GS} = -30V, V _{DS} = 0V	--	--	-100	nA
On Characteristics						
V _{GS(th)}	Gate Threshold Voltage	V _{DS} = V _{GS} , I _D = 250μA	3.0	--	5.0	V
R _{DS(on)}	Static Drain-Source On-Resistance	V _{GS} = 10V, I _D = 25.5A	--	0.048	0.060	Ω
g _{FS}	Forward Transconductance	V _{DS} = 40V, I _D = 25.5A (Note 4)	--	43	--	S
Dynamic Characteristics						
C _{iss}	Input Capacitance	V _{DS} = 25V, V _{GS} = 0V, f = 1.0MHz	--	2620	3410	pF
C _{oss}	Output Capacitance		--	530	690	pF
C _{rss}	Reverse Transfer Capacitance		--	63	90	pF
Switching Characteristics						
t _{d(on)}	Turn-On Delay Time	V _{DD} = 125V, I _D = 51A R _G = 25Ω	--	62	135	ns
t _r	Turn-On Rise Time		--	465	940	ns
t _{d(off)}	Turn-Off Delay Time		--	98	205	ns
t _f	Turn-Off Fall Time	(Note 4, 5)	--	130	270	ns
Q _g	Total Gate Charge	V _{DS} = 200V, I _D = 51A V _{GS} = 10V	--	56	70	nC
Q _{gs}	Gate-Source Charge		--	16	--	nC
Q _{gd}	Gate-Drain Charge	(Note 4, 5)	--	27	--	nC
Drain-Source Diode Characteristics and Maximum Ratings						
I _S	Maximum Continuous Drain-Source Diode Forward Current		--	--	51	A
I _{SM}	Maximum Pulsed Drain-Source Diode Forward Current		--	--	204	A
V _{SD}	Drain-Source Diode Forward Voltage	V _{GS} = 0V, I _S = 51A	--	--	1.4	V
t _{rr}	Reverse Recovery Time	V _{GS} = 0V, I _S = 51A dI _F /dt = 100A/μs (Note 4)	--	178	--	ns
Q _{rr}	Reverse Recovery Charge		--	4.0	--	μC

Notes:

1. Repetitive Rating: Pulse width limited by maximum junction temperature
2. L = 0.68mH, I_{AS} = 51A, V_{DD} = 50V, R_G = 25Ω, Starting T_J = 25°C
3. I_{SD} ≤ 51A, dI_F/dt ≤ 200A/μs, V_{DD} ≤ BV_{DSS}, Starting T_J = 25°C
4. Pulse Test: Pulse width ≤ 300μs, Duty Cycle ≤ 2%
5. Essentially independent of Operating Temperature Typical Characteristics

FDP51N25 / FDPF51N25 250V N-Channel MOSFET

Typical Performance Characteristics

Figure 1. On-Region Characteristics

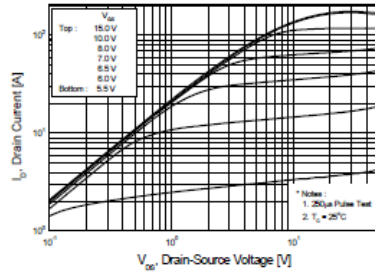


Figure 2. Transfer Characteristics

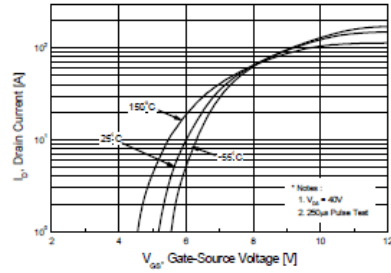


Figure 3. On-Resistance Variation vs. Drain Current and Gate Voltage

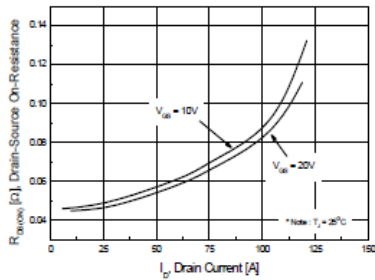


Figure 4. Body Diode Forward Voltage Variation vs. Source Current and Temperature

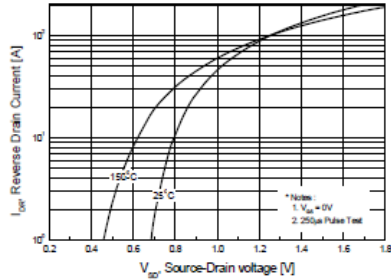


Figure 5. Capacitance Characteristics

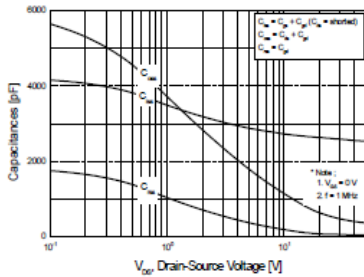
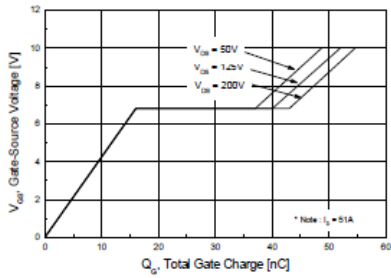


Figure 6. Gate Charge Characteristics



FDP51N25 / FDPF51N25 250V N-Channel MOSFET

Typical Performance Characteristics (continued)

Figure 7. Breakdown Voltage Variation vs. Temperature

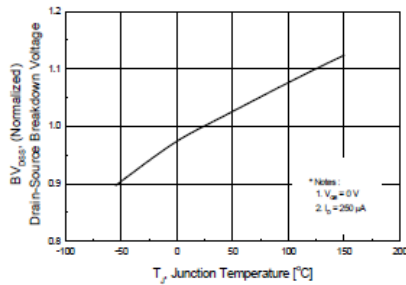


Figure 8. On-Resistance Variation vs. Temperature

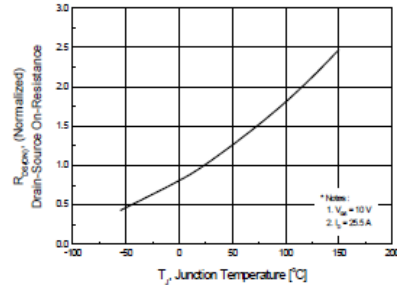


Figure 9-1. Maximum Safe Operating Area for FDP51N25

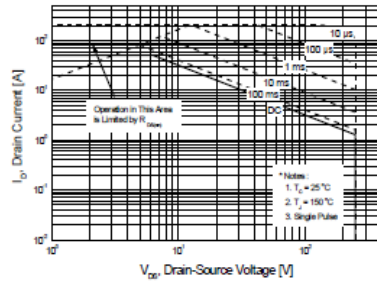


Figure 9-2. Maximum Safe Operating Area for FDPF51N25

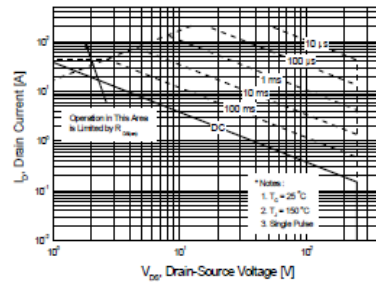
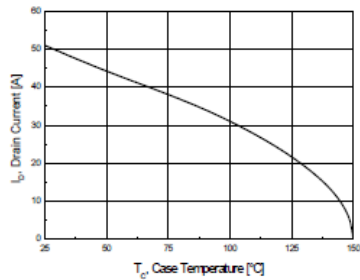


Figure 10. Maximum Drain Current vs. Case Temperature



FDP51N25 / FDPF51N25 250V N-Channel MOSFET

Typical Performance Characteristics (Continued)

Figure 11-1. Transient Thermal Response Curve for FDP51N25

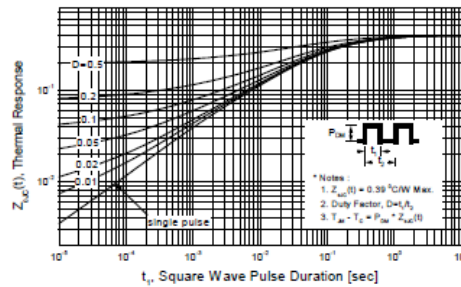
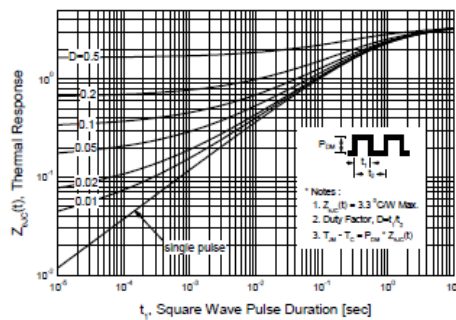
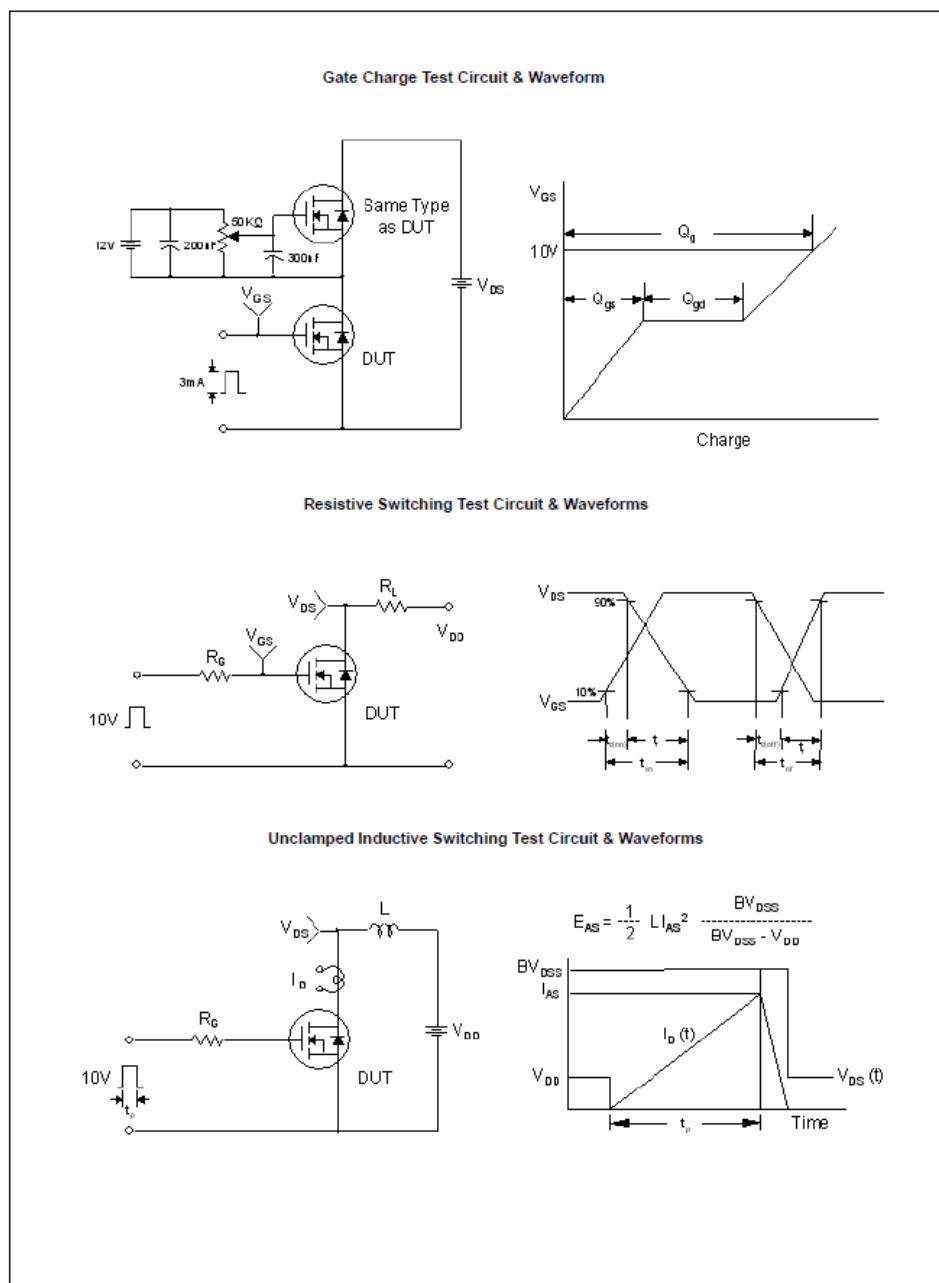
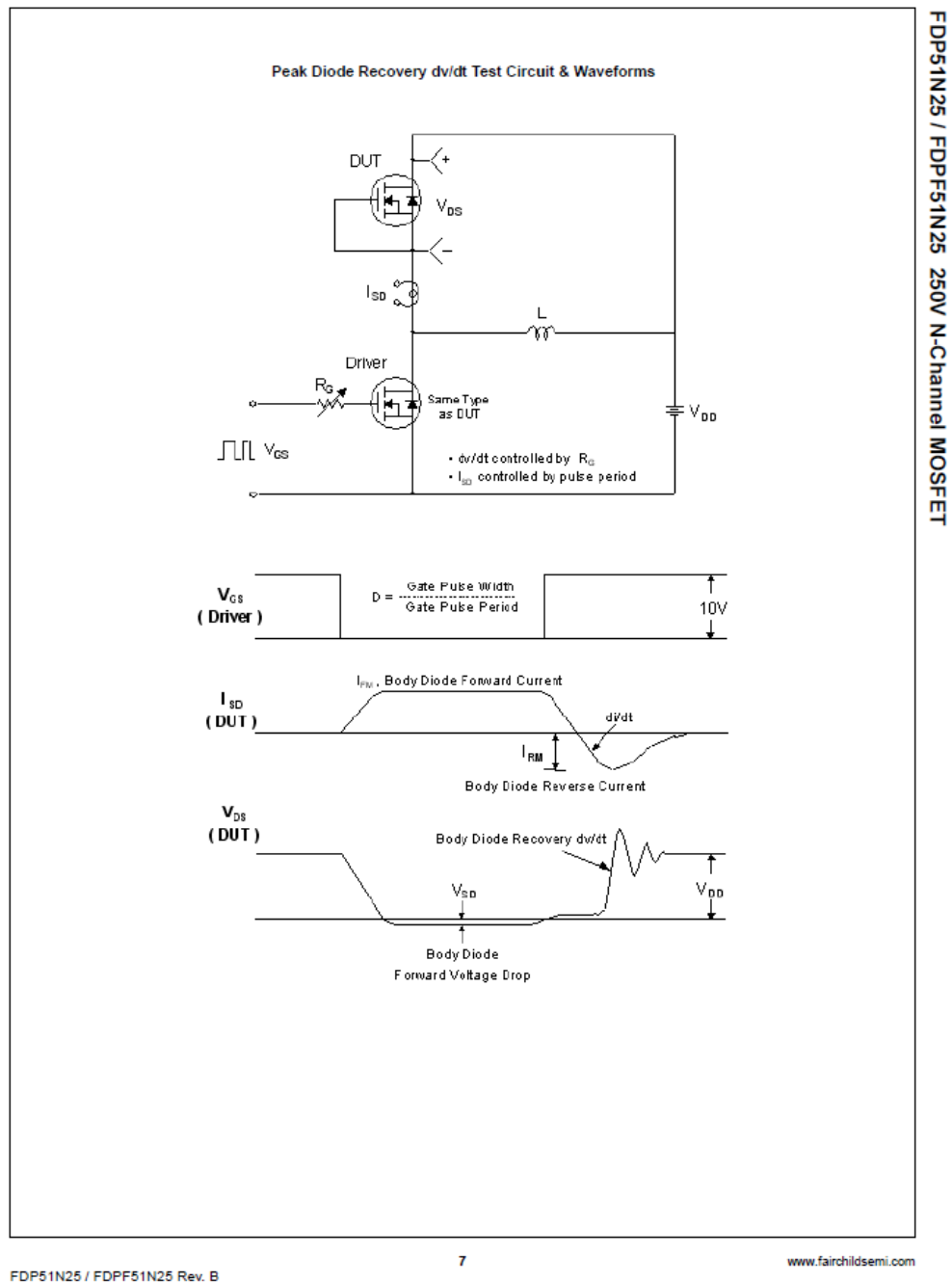


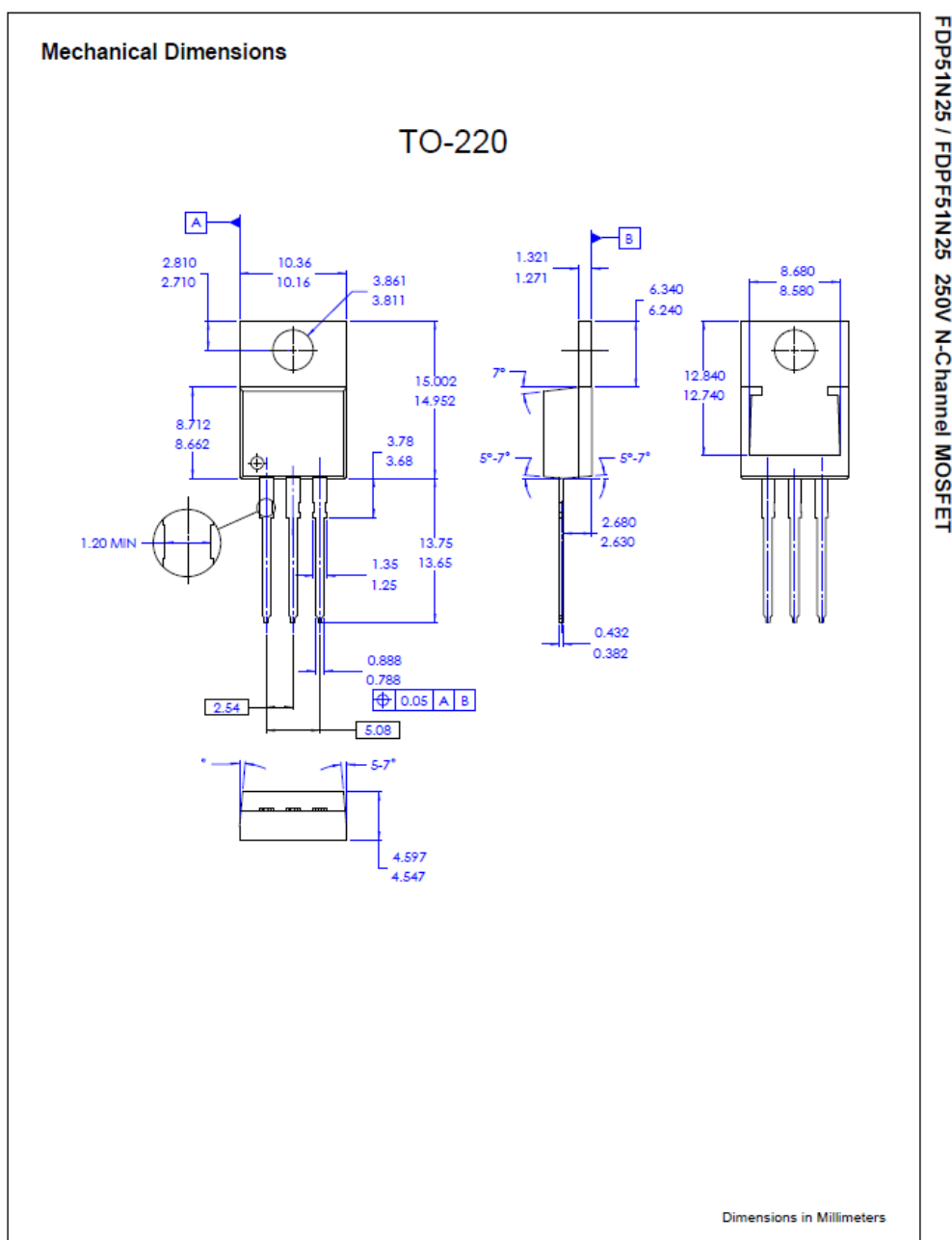
Figure 11-2. Transient Thermal Response Curve for FDPF51N25






FDP51N25 / FDPF51N25 250V N-Channel MOSFET













TRADEMARKS
The following includes registered and unregistered trademarks and service marks, owned by Fairchild Semiconductor and/or its global subsidiaries, and is not intended to be an exhaustive list of all such trademarks.

Build it Now™	FPS™	PDP SPM™	The Power Franchise®
CorePLUS™	F-PFS™	Power-SPM™	power
CorePOWER™	FRFET®	PowerTrench®	franchise
CROSSVOLT™	Global Power Resource™	Programmable Active Droop™	TinyBoost™
CTL™	Green FPS™	QFET®	TinyBuck™
Current Transfer Logic™	Green FPS™ e-Series™	QS™	TinyLogic®
EcoSPARK®	GTO™	Quiet Series™	TINYOPTO™
EfficientMax™	IntelliMAX™	RapidConfigure™	TinyPower™
EZSWITCH™ *	ISOPLANAR™	Saving our world, 1mW at a time™	TinyPWM™
	MegaBuck™	SmartMax™	TinyWire™
	MICROCOUPLER™	SMART START™	
Fairchild®	MicroFET™	SPM®	UHC®
Fairchild Semiconductor®	MicroPak™	STEALTH™	Ultra FRFET™
FACT Quiet Series™	MillerDrive™	SuperFET™	UniFET™
FACT®	MotionMax™	SuperSOT™-3	VCK™
FAST®	Motion-SPM™	SuperSOT™-6	VisualMax™
FastvCore™	OPTOLOGIC®	SuperSOT™-8	
FlashWriter® *	OPTOPLANAR®	SuperMOS™	
		SynFET™	
			

* EZSWITCH™ and FlashWriter® are trademarks of System General Corporation, used under license by Fairchild Semiconductor.

FDP51N25 / FDPF51N25 250V N-Channel MOSFET

DISCLAIMER
FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION, OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS. THESE SPECIFICATIONS DO NOT EXPAND THE TERMS OF FAIRCHILD'S WORLDWIDE TERMS AND CONDITIONS, SPECIFICALLY THE WARRANTY THEREIN, WHICH COVERS THESE PRODUCTS.

LIFE SUPPORT POLICY
FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION.

As used herein:

- Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body or (b) support or sustain life, and (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury of the user.
- A critical component in any component of a life support, device, or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

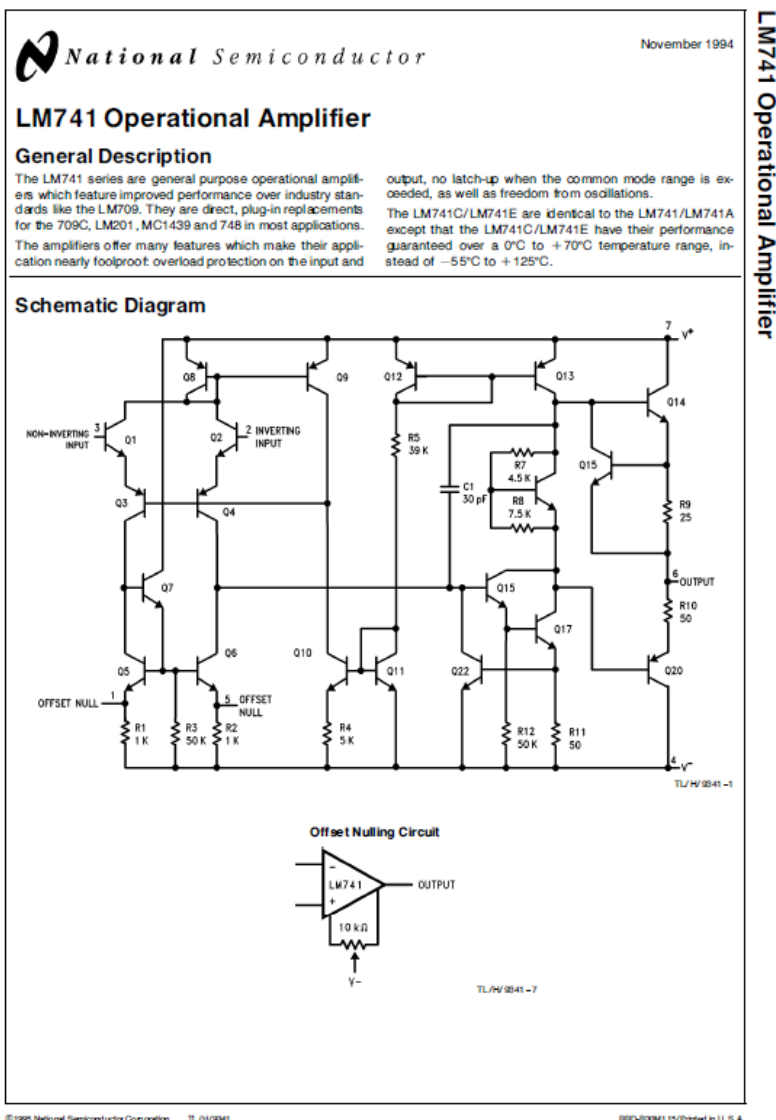
ANTI-COUNTERFEITING POLICY
Fairchild Semiconductor Corporation's Anti-Counterfeiting Policy. Fairchild's Anti-Counterfeiting Policy is also stated on our external website, www.fairchildsemi.com, under Sales Support.

Counterfeiting of semiconductor parts is a growing problem in the industry. All manufacturers of semiconductor products are experiencing counterfeiting of their parts. Customers who inadvertently purchase counterfeit parts experience many problems such as loss of brand reputation, substandard performance, failed application, and increased cost of production and manufacturing delays. Fairchild is taking strong measures to protect ourselves and our customers from the proliferation of counterfeit parts. Fairchild strongly encourages customers to purchase Fairchild parts either directly from Fairchild or from Authorized Fairchild Distributors who are listed by country on our web page cited above. Products customers buy either from fairchild directly or from Authorized Fairchild Distributors are genuine parts, have full traceability, meet Fairchild's quality standards for handling and storage and provide access to Fairchild's full range of up-to-date technical and product information. Fairchild and our Authorized Distributors will stand behind all warranties and will appropriately address and warranty issues that may arise. Fairchild will not provide any warranty coverage or other assistance for parts bought from Unauthorized Sources. Fairchild is committed to combat this global problem and encourage our customers to do their part in stopping this practice by buying direct or from authorized distributors.

PRODUCT STATUS DEFINITIONS
Definition of Terms

Datasheet Identification	Product Status	Definition
Advance Information	Formative / In Design	Datasheet contains the design specifications for product development. Specifications may change in any manner without notice.
Preliminary	First Production	Datasheet contains preliminary data; supplementary data will be published at a later date. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice to improve design.
No Identification Needed	Full Production	Datasheet contains final specifications. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice to improve the design.
Obsolete	Not In Production	Datasheet contains specifications on a product that is discontinued by Fairchild Semiconductor. The datasheet is for reference information only.

Rev. 135



LM741 Operational Amplifier

Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/
Distributors for availability and specifications.

(Note 5)

	LM741A	LM741E	LM741	LM741C
Supply Voltage	±22V	±22V	±22V	±18V
Power Dissipation (Note 1)	500 mW	500 mW	500 mW	500 mW
Differential Input Voltage	±30V	±30V	±30V	±30V
Input Voltage (Note 2)	±15V	±15V	±15V	±15V
Output Short-Circuit Duration	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous
Operating Temperature Range	−55°C to +125°C	0°C to +70°C	−55°C to +125°C	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	−65°C to +150°C	−65°C to +150°C	−65°C to +150°C	−65°C to +150°C
Junction Temperature	150°C	100°C	150°C	100°C
Soldering Information				
N-Package (10 seconds)	260°C	260°C	260°C	260°C
J- or H-Package (10 seconds)	300°C	300°C	300°C	300°C
M-Package				
Vapor Phase (60 seconds)	215°C	215°C	215°C	215°C
Infrared (15 seconds)	215°C	215°C	215°C	215°C
See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.				
ESD Tolerance (Note 6)	400V	400V	400V	400V

Electrical Characteristics (Note 3)

Parameter	Conditions	LM741A/LM741E			LM741			LM741C			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	$T_A = 25^\circ\text{C}$ $R_S \leq 10\text{ k}\Omega$ $R_S \leq 50\Omega$		0.8	3.0		1.0	5.0		2.0	6.0	mV mV
	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$ $R_S \leq 50\Omega$ $R_S \leq 10\text{ k}\Omega$			4.0			6.0			7.5	mV mV
Average Input Offset Voltage Drift				15							$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Input Offset Voltage Adjustment Range	$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 20\text{V}$	±10			±15			±15			mV
Input Offset Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$		3.0	30		20	200		20	200	nA
	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$			70		85	500			300	nA
Average Input Offset Current Drift				0.5							nA/ $^\circ\text{C}$
Input Bias Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$		30	80		80	500		80	500	nA
	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$			0.210			1.5			0.8	μA
Input Resistance	$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 20\text{V}$	1.0	6.0		0.3	2.0		0.3	2.0		M Ω
	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$, $V_S = \pm 20\text{V}$	0.5									M Ω
Input Voltage Range	$T_A = 25^\circ\text{C}$							±12	±13		V
	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$				±12	±13					V
Large Signal Voltage Gain	$T_A = 25^\circ\text{C}$, $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$ $V_S = \pm 20\text{V}$, $V_O = \pm 15\text{V}$ $V_S = \pm 15\text{V}$, $V_O = \pm 10\text{V}$	50			50	200		20	200		V/mV V/mV
	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$, $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$, $V_S = \pm 20\text{V}$, $V_O = \pm 15\text{V}$	32									V/mV
	$V_S = \pm 15\text{V}$, $V_O = \pm 10\text{V}$			25			15				V/mV
	$V_S = \pm 5\text{V}$, $V_O = \pm 2\text{V}$	10									V/mV

Electrical Characteristics (Note 3) (Continued)										
Parameter	Conditions	LM741A/LM741E			LM741			LM741C		
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max
Output Voltage Swing	$V_S = \pm 20V$ $R_L \geq 10 k\Omega$ $R_L \geq 2 k\Omega$	± 16 ± 15								V V
	$V_S = \pm 15V$ $R_L \geq 10 k\Omega$ $R_L \geq 2 k\Omega$				± 12 ± 10	± 14 ± 13		± 12 ± 10	± 14 ± 13	V V
Output Short Circuit Current	$T_A = 25^\circ C$ $T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$	10 10	25	35 40		25			25	mA mA
Common-Mode Rejection Ratio	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$ $R_S \leq 10 k\Omega$, $V_{CM} = \pm 12V$ $R_S \leq 50\Omega$, $V_{CM} = \pm 12V$				70 80	90		70 80	90	dB dB
Supply Voltage Rejection Ratio	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$ $V_S = \pm 20V$ to $V_S = \pm 5V$ $R_S \leq 50\Omega$ $R_S \leq 10 k\Omega$									dB dB
Transient Response	$T_A = 25^\circ C$, Unity Gain									
Rise Time			0.25	0.8		0.3			0.3	μs
Overshoot			6.0	20		5			5	%
Bandwidth (Note 4)	$T_A = 25^\circ C$	0.437	1.5							MHz
Slew Rate	$T_A = 25^\circ C$, Unity Gain	0.3	0.7			0.5			0.5	V/ μs
Supply Current	$T_A = 25^\circ C$					1.7	2.8		1.7	2.8
Power Consumption	$T_A = 25^\circ C$ $V_S = \pm 20V$ $V_S = \pm 15V$		80	150						mW mW
	$V_S = \pm 20V$ $T_A = T_{AMIN}$ $T_A = T_{AMAX}$			165 135		50	85		50	85
LM741A	$V_S = \pm 20V$ $T_A = T_{AMIN}$ $T_A = T_{AMAX}$									mW mW
	$V_S = \pm 20V$ $T_A = T_{AMIN}$ $T_A = T_{AMAX}$			150 150						mW mW
LM741E	$V_S = \pm 20V$ $T_A = T_{AMIN}$ $T_A = T_{AMAX}$									mW mW
	$V_S = \pm 20V$ $T_A = T_{AMIN}$ $T_A = T_{AMAX}$									mW mW
LM741	$V_S = \pm 15V$ $T_A = T_{AMIN}$ $T_A = T_{AMAX}$					60 45	100 75			mW mW
	$V_S = \pm 15V$ $T_A = T_{AMIN}$ $T_A = T_{AMAX}$									mW mW

Note 1: For operation at elevated temperatures, these devices must be derated based on thermal resistance, and T_J max. (listed under "Absolute Maximum Ratings"). $T_J = T_A + (\theta_{JA} P_D)$.

Thermal Resistance	CerDip (J)	DIP (H)	HO8 (H)	SO-8 (M)
θ_{JA} (Junction to Ambient)	100°C/W	100°C/W	170°C/W	195°C/W
θ_{JC} (Junction to Case)	N/A	N/A	25°C/W	N/A

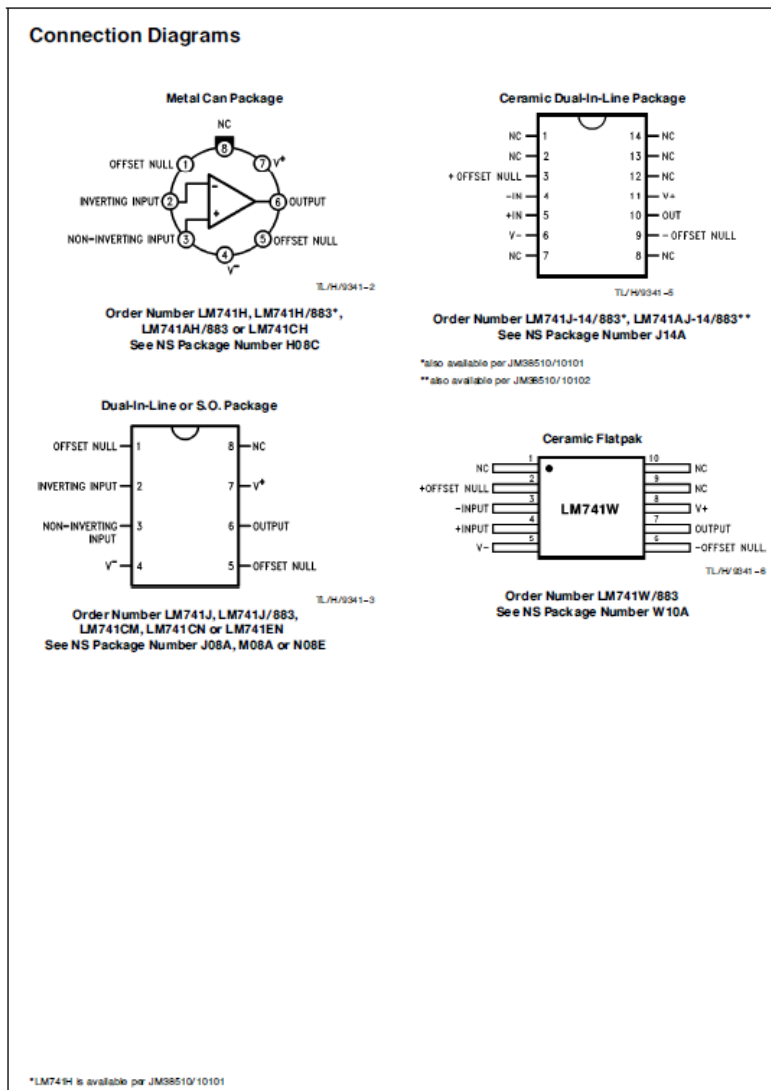
Note 2: For supply voltages less than $\pm 15V$, the absolute maximum input voltage is equal to the supply voltage.

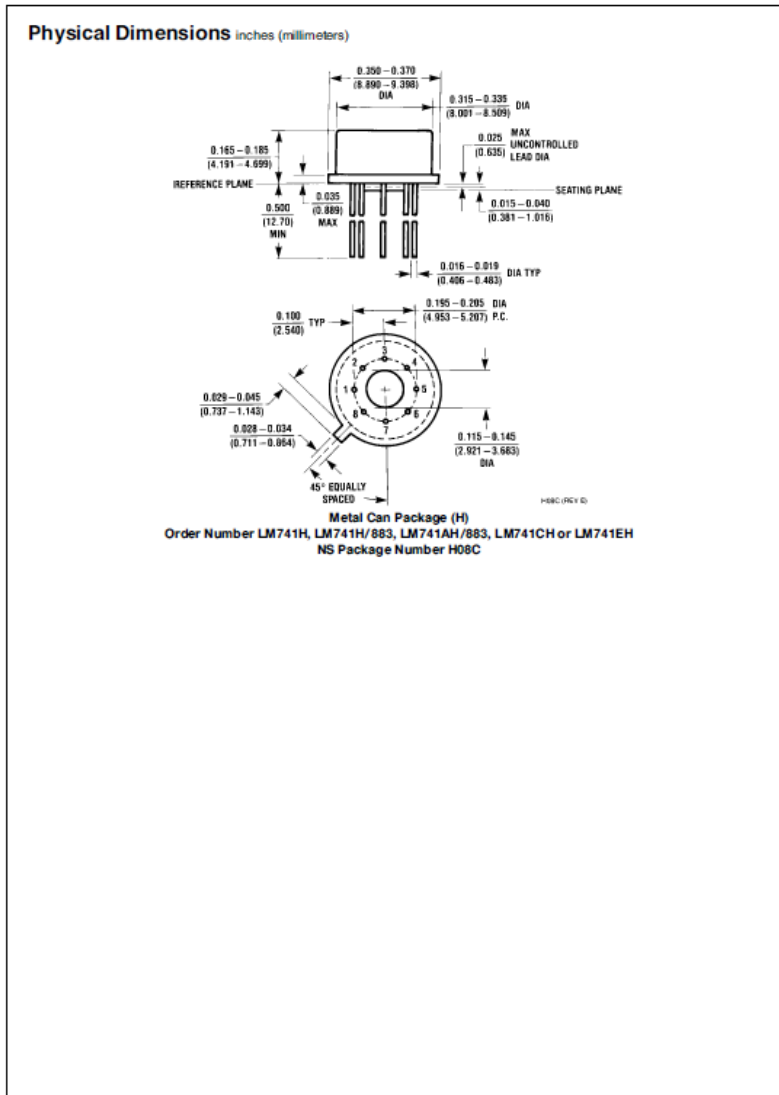
Note 3: Unless otherwise specified, these specifications apply for $V_S = \pm 15V$, $-55^\circ C \leq T_A \leq +125^\circ C$ (LM741/LM741A). For the LM741C/LM741E, these specifications are limited to $0^\circ C \leq T_A \leq +70^\circ C$.

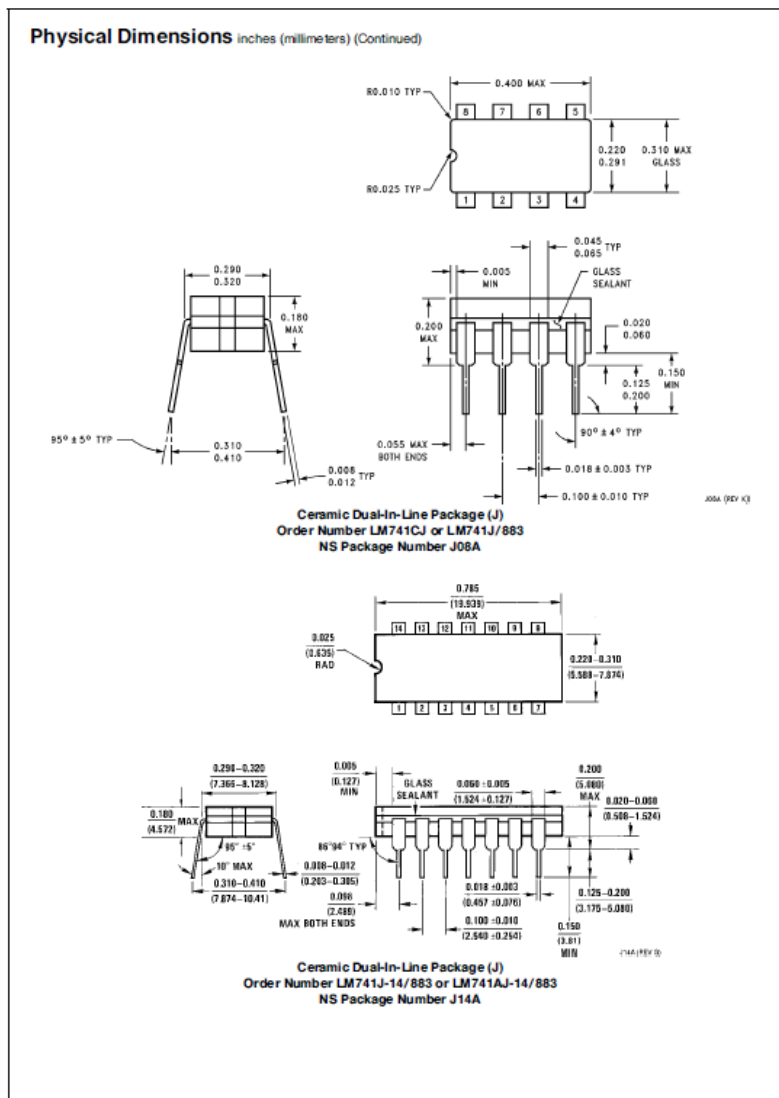
Note 4: Calculated value from: BW (MHz) = $0.35/\text{Rise Time}(\mu s)$.

Note 5: For military specifications see RETS741X for LM741 and RETS741AX for LM741A.

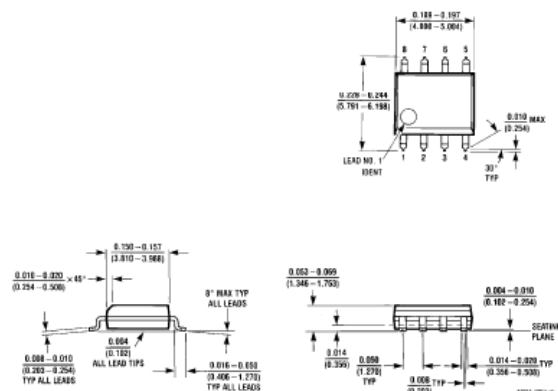
Note 6: Human body model, 1.5 k Ω in series with 100 pF.



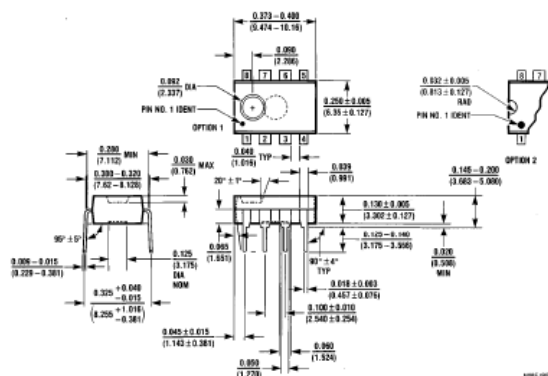




Physical Dimensions inches (millimeters) (Continued)



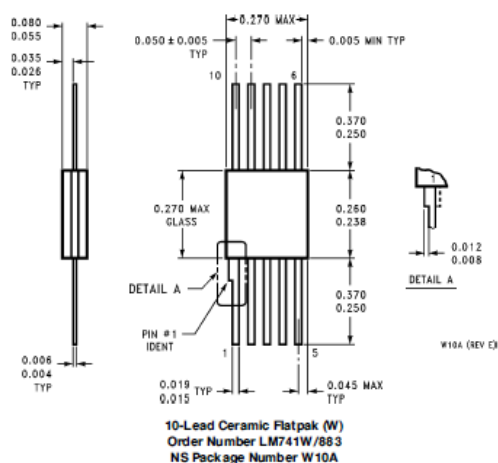
Small Outline Package (M)
Order Number LM741CM
NS Package Number M08A



Dual-In-Line Package (N)
Order Number LM741CN or LM741EN
NS Package Number N08E

LM741 Operational Amplifier

Physical Dimensions inches (millimeters) (Continued)



LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform, when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.



National Semiconductor Corporation
1111 West Bardin Road
Arlington, TX 76017
Tel: (800) 272-9658
Fax: (800) 737-7018

National Semiconductor Europe
Fax: (+40) 0-180-530 85 86
Email: onlweget@nsc.com
Deutsch: Tel: (+40) 0-180-530 85 86
English: Tel: (+40) 0-180-530 78 32
Français: Tel: (+40) 0-180-530 93 58
Italiano: Tel: (+40) 0-180-534 16 80

National Semiconductor Hong Kong Ltd.
15th Floor, Straits Block,
Ocean Centre, 5 Canton Rd.
Tsimshatsui, Kowloon
Hong Kong
Tel: (852) 2737-1800
Fax: (852) 2756-8660

National Semiconductor Japan Ltd.
Tel: 81-043-296-2309
Fax: 81-043-295-2408

National does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and National reserves the right to change and discontinue specifications.